

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
CONSTRUCCIÓN

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

UNIVERSIDAD DE SEVILLA



DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES
ARQUITECTÓNICAS II

E.T.S. DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE EDIFICACIÓN

**" ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS MODELOS
DE CONFORT ADAPTATIVO EN LOS COSTOS DE
EJECUCIÓN PARA MEJORAMIENTOS DE LA
ENVOLVENTE TÉRMICA DE VIVIENDAS SOCIALES EN
CONCEPCIÓN, CHILE "**

INMACULADA GALLEG0 MAYA

JULIO DE 2017



Profesor: Alexis Pérez Fargallo

Doctor en Arquitectura

Magister en Ciudad y Arquitectura Sostenible

Magister en Supervisión y Diagnóstico del Proyecto de Edificación, Urbanismo e Infraestructuras

Profesor: Alexis Pérez Fargallo

Doctor en Arquitectura

Magister en Ciudad y Arquitectura Sostenible

Magister en Supervisión y Diagnóstico del Proyecto de Edificación, Urbanismo e Infraestructuras

Índice

Capítulo I: ENUNCIADO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.3. HIPÓTESIS.....	17
1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	18
1.4.1 Objetivo general	18
1.4.2 Objetivos específicos	19
Capítulo II: MARCO TEÓRICO	20
2.1. LA VIVIENDA SOCIAL EN CHILE	21
2.1.1. Evolución de la vivienda social	21
2.1.2. Normativa térmica de aplicación a la vivienda social.....	23
2.1.3. Programas para mejoramientos térmicos	24
2.2. CONFORT TÉRMICO.....	25
2.2.1. Factores que influyen en el confort térmico	25
2.2.2. Tipos de modelos de confort térmico.....	25
2.2.3. Confort térmico adaptativo	28
2.2.4. Modelo de confort térmico adaptativo de la norma EN 15251:2008	29
2.2.5. Modelo de confort térmico adaptativo de la norma ASHRAE 55:2013	31
2.2.6. Modelo de confort térmico obtenido a partir de las encuestas realizadas en el proyecto FONDECYT 3160806.....	33
2.3. MEJORAMIENTOS TÉRMICOS EN LA ENVOLVENTE.....	34
2.3.1. Eficiencia energética	36

2.3.2. Tipos de mejoramientos térmicos para la envolvente térmica	37
2.3.3. Evaluación económica de los mejoramientos energéticos.	39
Capítulo III: MARCO METODOLÓGICO DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	42
3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	42
3.3. VARIABLES	42
3.3.1. Descripción de las variables dependientes	43
3.3.2. Descripción de las variables independientes.....	43
3.4. ALCANCE	43
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	44
3.5.1. Población.....	44
3.5.2. Muestra	45
3.6. INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	46
3.6.1. Carta de consentimiento informado.....	46
3.6.2. Formulario sobre datos de levantamiento	47
3.6.3. Formulario sobre datos de la vivienda.....	47
3.6.4. Encuesta sobre datos del usuario	47
3.6.5. Encuesta de confort térmico.....	48
3.6.6. Equipo de monitoreo HOBO U12-13	48
3.6.7. Software para el análisis de mejoramientos (Design Builder)	48
3.7. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES	49
3.8. PROPUESTA METODOLÓGICA.....	52
3.8.1. Análisis de las encuestas aplicadas	52
3.8.2. Temperatura promedio exterior	52

3.8.3. Cálculo del porcentaje de tiempo en confort en régimen de oscilación libre	52
3.8.4. Determinación del mejoramiento térmico necesario para alcanzar las exigencias de la Norma Técnica MINVU (NTM 11-2)	56
3.8.5. Determinación mediante simulación del porcentaje de tiempo en confort térmico en oscilación libre de las normas EN 15251:2007 y ASHRAE 55:2013.	60
3.8.6. Determinación mediante iteración de simulación del mejoramiento térmico necesario para alcanzar el mismo porcentaje de confort térmico de la norma ASHRAE 55:2013 aplicando el modelo CAS.	63
3.8.7. Determinación mediante iteración de simulación del mejoramiento térmico necesario para alcanzar el mismo porcentaje de confort térmico de la norma EN 15251:2007 aplicando el modelo CAS.	65
3.8.8. Evaluación de la diferencia en los costos de ejecución en los distintos mejoramientos de la envolvente térmica.	66
Capítulo IV: CONCLUSIONES	69
Capítulo V: GLOSARIO	71
Capítulo VI: BIBLIOGRAFÍA	76
Capítulo VII: ANEXOS	83
ANEXO I - Carta de consentimiento informado	84
ANEXO II - Formulario sobre datos de levantamiento	87
ANEXO III - Formulario sobre datos de la vivienda	94
ANEXO IV - Encuesta sobre datos del usuario	100
ANEXO V - Encuesta de confort térmico	105
ANEXO VI - Sistemas Constructivos	110
ANEXO VII - Análisis de Precios Unitarios	115

Listado de Figuras

Figura 1- Viviendas tipo para la aplicación del DS. 49 Reglamento del programa fondo solidario de elección de vivienda.	22
<i>Figura 2 - Porcentaje de viviendas construidas según periodo. Fuente: MINVU, 2011.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3 - Valores de diseño de la temperatura operativa interior para edificios sin sistemas de enfriamiento mecánico en función de la temperatura exterior media ponderada exponencialmente. Fuente: EN 15251:2007.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 4 - Rangos de temperatura operativa aceptable para espacios naturalmente ventilados.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 5 - Rangos de temperatura operativa aceptable para espacios naturalmente ventilados.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 6 - Elevaciones de la vivienda modelo.</i>	<i>57</i>

Listado de Tablas

Tabla 1 - Limitación de transmitancias, ventilación e infiltración para Concepción, OGUC (Art. 4.1.10), Código de Construcción Sustentable para Viviendas en Concepción y.....	24
Tabla 2 - Transmitancia térmica (U) y Resistencia Térmica para cada zona térmica de Chile según el concepto de Grados/Día de calefacción.	35
Tabla 3 - Costos- Beneficios en caso de mejoramiento energético.....	40
<i>Tabla 4 - Subsidios pagados por el SERVIU a través del programa regular en el periodo 1990- 2015. FUENTE: Ministerio de Vivienda de Urbanismo (hasta el año 2008 - DITEC / desde el año 20090- DPH)</i>	<i>44</i>
Tabla 5 - Carta Gantt de las actividades programadas para la investigación.....	51
Tabla 6 - Porcentaje de tiempo en confort obtenido de las encuestas de los usuarios aplicando los modelos de confort adaptativo de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y CAS.	53
Tabla 7 - Porcentaje de tiempo en confort obtenido de las encuestas de los usuarios aplicando los modelos de confort adaptativo de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y CAS.	54
Tabla 8 - Porcentaje de tiempo en confort obtenido de las encuestas de los usuarios aplicando los modelos de confort adaptativo de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y CAS.	54
Tabla 9 - Porcentaje de tiempo en confort obtenido de las encuestas de los usuarios aplicando los modelos de confort adaptativo de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y CAS.	55

Tabla 10 - Transmitancia térmica de los sistemas constructivos que componen la vivienda modelo en comparación con las exigencias térmicas de la NTM.	58
Tabla 11 - Mejoramiento térmico necesario para alcanzar las exigencias establecidas por la Norma Técnica MINVU (NTM 11-2).	60
Tabla 12- Cargas térmicas asociadas a equipos electrónicos.	61
Tabla 13 - Calendarios porcentajes cargas térmicas.	62
Tabla 14 - Calendarios porcentajes cargas térmicas.	62
Tabla 15 - Modificaciones de mejoramiento térmico aplicando los estándares del modelo CAS para alcanzar el mismo porcentaje en confort que ASHRAE 55:20013.	64
Tabla 16 - Modificaciones de mejoramiento térmico aplicando los estándares del modelo CAS para alcanzar el mismo porcentaje en confort que EN 15251:2007.	66
Tabla 17 -Costo de ejecución de los mejoramiento térmicos.	67

Resumen

La mayor parte de la energía operacional requerida por el sector de la vivienda se utiliza para compensar las pérdidas de energía o las ganancias térmicas a través de la envolvente del edificio, por lo que cualquier mejora en su comportamiento térmico va a proporcionar importantes oportunidades de reducción de consumo energético.

El presente trabajo se centra en el análisis de mejoramientos en viviendas sociales en el Gran Concepción a partir del análisis con modelos de confort térmico adaptativo. Es imprescindible indicar que el potencial de una medida para aumentar la confortabilidad térmica dependerá del modelo de confort seleccionado.

El objetivo de este proyecto es evaluar qué reducción económica conllevaría el uso del modelo de confort térmico adaptativo obtenido a partir monitorización y encuestas aplicadas a los usuarios de las viviendas sociales de Concepción, frente a los establecidos por las normas EN 15251:2007 y ASHRAE 55:2013 en el coste de inversión de mejoramientos térmicos en viviendas sociales del Gran Concepción en régimen de funcionamiento de oscilación libre.

Finalmente se pretende concluir corroborando la hipótesis de que la reducción de inversión económica en mejoramientos de la envolvente térmica para alcanzar un tiempo de confort en oscilación libre similar al obtenido a partir de la aplicación del modelo de la norma EN 15251:2007 y de ASHRAE 55:2013, usando el modelo de confort térmico adaptativo obtenido a partir de los usuarios de las viviendas sociales de Concepción, será alrededor de un 20%.

Abstract

Most of the operational energy needed by the sector of the housing is in use for compensating the losses of energy or the thermal gains through the building envelope, so, any improvement in its thermal behaviour will be going to provide important opportunities of reduction of energetic consumption.

The present work centres on the analysis of improvements in sustainable housing in the Great Conception from the analysis with models of adaptive thermal comfort. It's imperative to indicate that the potential of a measure to increase thermal comfort will depend on the comfort model selected.

The objective of this project is to evaluate what economic reduction would entail the use of the adaptive thermal comfort model obtained from monitoring and surveys applied to users of social housing in Concepción compared to those established by the norms EN 15251: 2007 and ASHRAE 55: 2013 in the cost of investment of thermal improvements in social houses of the Great Conception in regime of operation of free oscillation.

Finally, we intend to conclude by corroborating the hypothesis that the reduction of economic investment in improvements of the thermal envelope to reach a time of comfort in free oscillation similar to obtained from the application of the model of norm EN 15251: 2007 and of ASHRAE 55 : 2013, using the adaptive thermal comfort model obtained from users of social housing in Concepción, will be around 20%.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS MODELOS DE CONFORT ADAPTATIVO
EN LOS COSTOS DE EJECUCIÓN PARA MEJORAMIENTOS DE LA
ENVOLVENTE TÉRMICA DE VIVIENDAS SOCIALES EN CONCEPCIÓN



Capítulo I: ENUNCIADO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde hace unos años estamos viviendo un gran desarrollo tecnológico por la constante búsqueda de la innovación y evolución. El crecimiento sostenible de un país puede apreciarse principalmente en el interés presentado en cuanto a investigación y desarrollo (I + D). Si se trata de innovación, lo que se está consiguiendo es buscar de algún modo la simplicidad y favorecer de manera directa en el mejoramiento de la productividad, garantizando un importante crecimiento sostenible, bienestar social y calidad de vida. (Akcali & Sismanoglu, 2015). Por lo que el crecimiento sostenible se ha convertido en la opción para la evolución del país.

Existe a nivel social una gran inquietud por el cuidado del medio ambiente, lo que ha promulgado a que las energías renovables se conviertan actualmente en el punto de mira. La producción de energía renovable mundial ha aumentado en un 2,6% por año desde el año 2007 a la actualidad. Se prevé que continuará aumentando en el mismo porcentaje hasta el año 2035 (Apergis & Payne, 2012).

El IBES es un índice que mide el bienestar económico sostenible, teniendo en cuenta los tres campos de la sostenibilidad: la economía, el medio ambiente y la sociedad. Chile se encuentra actualmente entre los cinco últimos países de América del Sur menos sostenibles. Este dato se ha deducido del estudio relacional entre Índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES) y el Productor Interior Bruto (PIB) del país (Menegaki & Tiwari, 2017).

La eficiencia energética (EE) no es más que el uso eficiente de la energía, con ella se pretende optimizar los procesos productivos y realizar un empleo eficiente de la energía, esto quiere decir que, pudiendo utilizar los mismos recursos energéticos o incluso menores recursos se puede llegar a producir más bienes y servicios. Hay un gran número de oportunidades para mejorar la EE y reducir el consumo.

El consumo de energía en el mundo se prevé incrementará en un 57% entre 2004 y 2030. En el informe Internacional Energy Outlook 2007 se prevé que el consumo de energía experimentará un incremento medio de un 2.5% por año hasta el 2030 en los países ajenos a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (Kapilow-Cohen et al., 2007), entre ellos Chile, mientras que en los países miembros será tan solo del 0.6%; así, durante este periodo, los países de la OCDE incrementarán su demanda energética entorno al 24%, mientras que el resto de países lo harán en un 95%. No olvidemos que el consumo energético es el más importante y principal medidor del bienestar social (Menegaki & Tiwari, 2017).

Nos encontramos en un entorno global realmente preocupado por el consumo y la disminución de recursos. Los edificios son los causantes de un alto porcentaje de este consumo en su necesidad de satisfacer los requerimientos de confort de los ocupantes (UNEP, 2012). Innumerables son las investigaciones ya planteadas que se han enfocado en el ahorro y eficiencia energética (EE).

La evolución de la EE ha conseguido que un amplio sector de la sociedad tenga conciencia de la importancia de aumentar el aislamiento térmico de los edificios para mejorar la habitabilidad y reducir el consumo de energía. Chile enfrenta el reto energético mediante dos estrategias: la primera, aumentando la capacidad instalada del país y la segunda, reduciendo la demanda energética. Existen múltiples investigaciones, guías y herramientas en general, que dan información de cómo los sistemas de aislamiento térmico mejoran el comportamiento energético de las construcciones existentes (Alexis Pérez Fargallo, Flores Alés, & Calama Rodríguez, 2015).

El consumo energético de un edificio se encuentra relacionado con múltiples factores como son la localización, el clima, el uso, las cargas internas, los sistemas constructivos y las exigencias de confort térmico de los usuarios. El confort térmico se puede definir como: “Aquella condición de la mente que proporciona satisfacción con el ambiente térmico” (ASHRAE, 2013). Evaluar el confort término es una tarea

bastante compleja puesto que es un concepto subjetivo, influenciado por una serie de variantes físicas que influyen en el balance térmico entre individuo y el medio. Estas variables son la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$), temperatura media radiante de los cerramientos ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (%) y velocidad del aire (m/s); y otras variables como el nivel de arropamiento (Clo) y el nivel de actividad física (MET) (Fanger, 1972) (ASHRAE, 2013) (ISO 7730:2005, 2005).

Varios han sido los modelos desarrollados que describen diferentes maneras de valorar cómo se percibe el confort térmico en función de los distintos factores implicados, concluyendo finalmente en distintos estándares de confort. Es importante destacar que no todos los modelos emplean todas las variables anteriores en el cálculo de los niveles de confort térmico, pero sí presentan alguna conexión entre las variables más influyentes. El uso de distintos modelos de confort térmico en el cálculo de los requerimientos energéticos de un edificio puede entregar distintos niveles de consumo (Attia & Carlucci, 2015), por ello, es fundamental la elección de un modelo adecuado para no cometer errores que se traduzcan en el sobredimensionado de las prestaciones, con el sobreesfuerzo de recursos materiales y económicos que eso supone.

La norma europea EN 15251:2007 establece los parámetros mínimos de confort ambiental, calidad de aire interior, iluminación y ruido en edificios. En ella se describen varios estándares de confort térmico en función al tipo de instalaciones de las que disponga el edificio. Para edificios sin sistemas de climatización se describe un modelo de confort adaptativo (CA) desarrollado a partir de los resultados del proyecto Smart Controls and Thermal Comfort (SCATs) (J. F. Nicol & Humphreys, 2002)(CEN, 2007). Por otro lado, la norma ASHRAE 55:2013 establece otro modelo de CA desarrollado a partir del proyecto ASHRAE RP-884: Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference (De Dear & Brager, 2002)(ASHRAE, 2013). Ambos modelos guardan similitud en su procedimiento de cálculo puesto que emplean para la determinación de la temperatura de confort la temperatura media exterior de los siete días previos al que se pretende evaluar, sin

embargo, pese a que las formulas son sensiblemente parecidas los valores de las constantes son diferentes. Por ello, la determinación de una temperatura de confort empleado ambos modelos entregarán diferentes resultados respecto de los requerimientos energéticos (Attia & Carlucci, 2015).

Actualmente Chile no dispone de normativa en cuanto a exigencias de acondicionamiento térmico para viviendas pero sí existen iniciativas sobre el desempeño de la envolvente como pueden ser el mandato-ley de la Ordenanza General de Urbanismo y construcciones (Art. 4.1.10. OGUC) (OGUC, 2009) o el Código de Construcción Sustentable (CCS) que no es de obligado cumplimiento (MINVU, 2016a). Igualmente se ha desarrollado un anteproyecto de Norma Técnica MINVU (NTM 11-2) (MINVU, 2014) donde se desarrolla una propuesta de actualización del Reglamento Técnico y del Art. 4.1.10 de la OGUC, con intención próxima de su entrada en vigor. Es preciso indicar, que los documentos son relativamente recientes y no se aplican a las viviendas existentes.

Dada la responsabilidad que tienen los países en esta materia, el Ministerio de Energía del gobierno chileno está llevando a cabo una política energética de largo plazo cuyo objetivo principal es apoyar un desarrollo sostenible del país, satisfaciendo la demanda energética de hogares e industrias de manera segura, equitativa, al mínimo coste posible y velando por la preservación del medio ambiente y por los recursos naturales (Comité Consultivo de Energía 2050, 2015).

Esta investigación se desarrolla como parte complementaria del Proyecto FONDECYT 3160806 dirigido por el Dr. Alexis Pérez Fargallo, siendo este a su vez tutor guía de esta tesis. Este proyecto tiene como objetivo general el estudio del estándar de mejoramiento energético viable para viviendas sociales en situación de pobreza energética mediante la evaluación del CA y el análisis de su implementación progresiva con la finalidad de evitar el efecto rebote. Su finalidad es generar metodologías y antecedentes que permitan optimizar el proceso de análisis de inversiones en eficiencia energética en viviendas sociales mediante la obtención de

información relevante en materia de los impactos que ocasionan en costos de inversión, operación y mantención de la incorporación de mejoramientos.

La aplicación de los estándares de la norma EN 15251:2007 y ASHRAE 55-2013 en relación con los obtenidos por los estudios de el Proyecto FONDECYT 3160806 informan que actualmente existe una clara diferencia entre el estándar de confort adaptativo establecido por los estándares internacionales y el obtenido de los usuarios de las viviendas sociales de la Región del Bío-Bío, resultando mucho menos exigente el elaborado a través del trabajo de campo. Por tanto, es posible establecer que si se aplicasen estándares internacionales como los de la EN o ASHRAE se podría generar un sobredimensionado en las características térmicas de los sistemas constructivos para envolventes de las viviendas sociales en la ciudad de Concepción, pudiendo incluso generar problemas de sobrecalentamiento a los usuarios. Esto se puede traducir directamente en menores espesores de aislación con la consiguiente reducción de coste de inversión en el mejoramiento de viviendas existentes, generando por tanto un gran potencial de ahorro tanto en energía como en la ejecución de las medidas de mejora.

La siguiente investigación propone evaluar qué reducción económica conllevaría el uso modelo de confort térmico adaptativo obtenido de a partir monitorización y encuestas aplicadas a los usuarios de las viviendas sociales de Concepción, frente a los establecidos por la las normas EN 15251:2007 y AHSRAE 55:2013 en los costos de ejecución de mejoramientos térmicos en viviendas sociales del Gran Concepción en régimen de funcionamiento de oscilación libre.

1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Son similares las exigencias de confort de los usuarios viviendas sociales del Gran Concepción con los establecidos por las normas EN 15251:2007 y ASHRAE 55:2013?
- ¿Cuál el mejoramiento térmico necesario para alcanzar las exigencias de la Norma Técnica MINVU (NTM 11-2) y qué porcentaje de tiempo sin hacer uso de sistemas de climatización estarían sus usuarios en confort térmico tras su implementación según el estándar de confort adaptativo empleado?
- ¿Qué diferencia puede existir en el análisis de mejoramientos térmicos de viviendas sociales respecto a la cantidad de tiempo en confort asociado al modelo de confort adaptativo usado y qué parámetros tendrían que modificarse en el mejoramiento para que dichos valores fuesen similares?
- ¿Qué reducción en costos de ejecución para mejoramientos térmicos se producirá para alcanzar un tiempo de confort similar empleando distintos modelos de confort térmico adaptativo?

1.3. HIPÓTESIS

Usando el modelo de confort térmico adaptativo obtenido a partir de los usuarios de las viviendas sociales de Concepción (CAS), se reduce alrededor de un 20% la inversión en mejoramientos de la envolvente térmica para alcanzar un tiempo de confort en oscilación libre similar al obtenido a partir de la aplicación del modelo de la norma EN 15251:2007 y de ASHRAE 55:2013.

1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Evaluar qué reducción económica conllevaría el uso del modelo de confort térmico adaptativo obtenido a partir monitorización y encuestas aplicadas a los usuarios de las viviendas sociales de Concepción (CAS) frente a los establecidos por la las normas EN 15251:2007 y AHSRAE 55:2013 en los costos de ejecución de mejoramientos térmicos en viviendas sociales del Gran Concepción en régimen de funcionamiento de oscilación libre.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar una muestra representativa de viviendas sociales de la región (Concepción, Región del Bío-Bío) para el estudio.
2. Comparar las temperaturas de confort obtenidas de las encuestas a los usuarios con los modelos de confort adaptativo de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 así como, con el modelo de confort térmico adaptivo creado para las viviendas sociales del Gran Concepción (CAS).
3. Determinar el mejoramiento térmico necesario para alcanzar las exigencias de la Norma Técnica MINVU (NTM 11-2) aplicarlo en un modelo de vivienda social y calcular el tiempo condiciones de confort térmico en oscilación libre tras su implementación con los diferentes modelos (EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y CAS).
4. Analizar la diferencia entre los resultados obtenidos de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y el modelo CAS y, determinar cuál sería el mejoramiento necesario en caso de querer alcanzar un porcentaje tiempo similar con CAS al obtenido con los estándares internacionales.
5. Evaluar la diferencia en los costos de ejecución en mejoramientos de la envolvente térmica para alcanzar un tiempo de confort en oscilación libre similar con CAS al obtenido con la aplicación de las normas EN 15251:2007 y ASHRAE 55:2013.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS MODELOS DE CONFORT ADAPTATIVO
EN LOS COSTOS DE EJECUCIÓN PARA MEJORAMIENTOS DE LA
ENVOLVENTE TÉRMICA DE VIVIENDAS SOCIALES EN CONCEPCIÓN



Capítulo II: MARCO TEÓRICO

2.1. LA VIVIENDA SOCIAL EN CHILE

2.1.1. Evolución de la vivienda social en Chile

En Chile, desde 1964 a 2015, ha entregado más de 3.671.646 subsidios para la construcción de viviendas sociales, representando en torno a 19.000 millones de euros, equivalentes a 14.250.000 millones de pesos chilenos de inversión desde el año 1990 (MINVU, 2016b). Este dato da una visión ampliada de la importante inversión realizada para disminuir el déficit habitacional y mejorar la calidad de vida de los sectores más desfavorecidos de Chile. Los instrumentos legislativos para llevar a cabo la entrega de los subsidios para la obtención de viviendas en la actualidad son los Decretos Supremos 01 y 49 (MINVU, 2011a, 2011b).

Existen una serie de requisitos en Chile para que una vivienda pueda ser categorizada como vivienda social. En primer lugar debe cumplir con el Decreto con Fuerza de Ley N° 2, de 1959, sobre el Plan Habitacional (MOP, 1959). Se considerarán "viviendas económicas", para los efectos del presente decreto con fuerza de ley, las que se construyan en conformidad a sus disposiciones, tengan una superficie edificada no superior a 140 metros cuadrados por unidad de vivienda y reúnan los requisitos, características y condiciones que determine el reglamento especial que dicte el presidente de la república. Y por otro lado además debe de cumplir con el Artículo 6.1.2. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (MINVU, 1992), donde se define como vivienda social a la vivienda económica de carácter definitivo, cuyo valor de tasación no sea superior a 400 unidades de fomento, salvo que se trate de condominios de viviendas sociales en cuyo caso podrá incrementarse dicho valor hasta en un 30%.

Actualmente, las viviendas ejecutadas, independientemente de si son financiadas de forma privada o pública, tienden a cumplir un canon de similitud. Suelen tener aproximadamente una superficie construida entre 36,00 y 55,00 m², bajo un modelo de viviendas aisladas, pareadas, en hilera y en bloque. En la figura 1 se pueden observar algunos modelos para la aplicación del DS. 49 obtenidos del Banco de

Proyectos de Vivienda Tipo para construcción en sitio propio que utiliza el Servicio de Vivienda y Urbanización (SERVIU) de la Región del Bío-Bío (MINVU, 2016c). Todas las viviendas presentan una geometría estandarizada que puede deberse a las limitaciones de superficie y de presupuesto. Habitualmente disponen de dos o tres dormitorios, una zona de living-comedor, cocina y baño. Sus características constructivas varían en función de las exigencias técnicas de aplicación en función de la región de Chile en las que se ejecuten, presentando similitudes todas aquellas viviendas pertenecientes a la misma región. En la Región del Bío-Bío, cuando se ejecutan como viviendas unifamiliares suelen tener sistemas constructivos livianos sobre una solera de hormigón. Los muros estructurales y la estructura de cubierta están resueltos en madera de distintas escuadrías, los revestimientos exteriores se ejecutan generalmente con placas de fibrocemento, el revestimiento interior es aplacado de cartón yeso y la cubierta se soluciona con chapa ondulada de zinc. Las carpinterías comúnmente son de aluminio o PVC con vidrio simple. Debido a sus sistemas constructivos suelen ser viviendas con un grado de hermeticidad al aire bajo y con una baja inercia térmica (CITEC UBB; DECON UC, 2012).



Figura 1- Viviendas tipo para la aplicación del DS. 49 Reglamento del programa fondo solidario de elección de vivienda.

2.1.2. Normativa térmica de aplicación a la vivienda social

Chile fue el primer país de América latina en incorporar en sus normativas conceptos de EE, aunque históricamente no se habían contemplado tales exigencias para los edificios. En la actualidad, el Art. 4.1.10. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) regula los requisitos que deben cumplir las envolventes térmicas de las viviendas, asociadas con la transmitancia térmica, dicho artículo es de obligado cumplimiento pero sus requerimientos son bastante bajos (MINVU, 2007). También existen otros documentos como el Código de Construcción Sustentable (CCS) para Viviendas, cuyos requerimientos son mayores pero por el momento solo es un documento de apoyo, no es obligado su cumplimiento (Building Research Establishment, 2016). Aun así, se puede decir que sus estándares (Tabla 1) son relativamente bajos si se comparan con otros estándares internacionales. Con fecha en el año 2014 se desarrolló un anteproyecto de Norma Técnica MINVU (NTM 11-2) que se desarrolla con objetivo de actualizar el Reglamento Técnico y el Art. 4.1.10 de la OGUC. En este documento se recogen unas exigencias térmicas notablemente superiores a las establecidas en por la OGUC (Tabla 1). Puesto que la intención de este anteproyecto de norma es su entrada en vigor en un futuro próximo, podría considerarse como ideal la consideración de sus exigencias previniendo esta futura legalidad. Por esta razón Bustamante afirma que incluso los edificios de nueva construcción serán en un futuro objeto de reacondicionamiento debido a sus bajas exigencias asociadas con la EE (Bustamante, Cepeda, Martínez, & Santa María, 2009). Los mismos autores indican que pese a tener una participación en el consumo energético del país del 21,3%, la mayor parte de las viviendas se encuentran por debajo de los límites de temperatura en confort en época de invierno a causa del alto coste que presentan los combustibles y los bajos ingresos que tienen las familias, deduciéndose por tanto la importancia de avanzar en los aspectos relacionados con la EE y habitabilidad de los edificios ya construidos o que se puedan construir. Además, desde el punto de vista económico, los bajos

niveles de desempeño térmico de las viviendas en Chile cuestan cerca de unos USD 1.000 millones anualmente al Estado (Figueroa et al., 2013).

Tabla 1 - Limitación de transmitancias, ventilación e infiltración para Concepción, OGUC (Art. 4.1.10), Código de Construcción Sustentable para Viviendas en Concepción y Norma Técnica MINVU NTM 11-2.

Caso	U vanos ($W/m^2 K$)			U envolvente ($W/m^2 K$)			Ventilación $l/(s \cdot persona)$	Hermeticidad (ACH50)
	<21%	21-60%	60-75%	Techo	Muros	Suelo (m^2K/W)*100		
OGUC	>3,6	2,4-3,6	< 2,4	0,38	1,7	150	-	-
CCS	-	2,4-3,6	< 2,4	0,33	0,5	45	5,2	8
NTM		3,00	< 3,6	0,33	0,5	167	-	-

2.1.3. Programas para mejoramientos térmicos

El sector residencial representa el 27% y el 17% del consumo mundial de energía y el CO_2 respectivamente. El consumo global de energía en los hogares ha crecido un 14% entre 2000 y 2011. La mayor parte de este aumento se ha producido en los países en desarrollo, donde la población, la urbanización y el crecimiento económico han sido los principales factores (Nejat, Jomehzadeh, Taheri, Gohari, & Abd. Majid, 2015).

En Chile el consumo energético en el sector de la edificación representa el 25% del consumo final de energética del estado y dentro del mismo, el 81% se encuentra asociado al sector residencial (Comisión Nacional de Energía, 2009). Estos datos pueden deberse a múltiples factores como pueden ser la antigüedad de la vivienda, los sistemas constructivos, el modo de vida de los usuarios, la EE de los sistemas de climatización, etc. (A. Pérez Fargallo, Calama Rodríguez, & Flores Alés, 2016). En la Gráfica 1 se puede observar que un 85,6 % de las viviendas construidas en Chile hasta el 2008 eran anteriores al año 2000, año en el que entró en vigor la primera etapa de la Reglamentación Térmica (RT). Por tanto, un importante porcentaje del parque edificado no cumple con ningún criterio de EE.

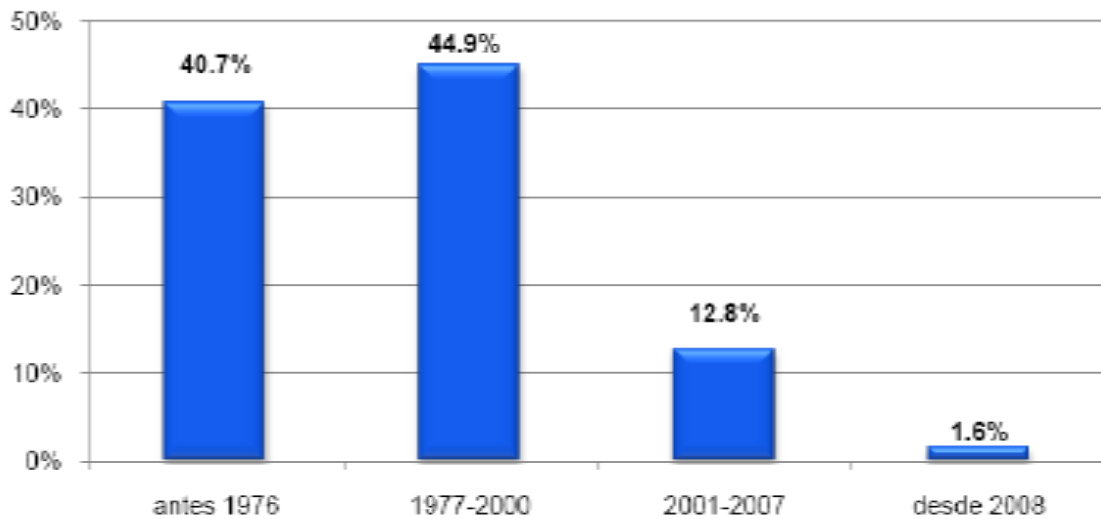


Figura 2 - Porcentaje de viviendas construidas según periodo. Fuente: MINVU, 2011.

2.2. CONFORT TÉRMICO

2.2.1. Factores que influyen en el confort térmico

Entre los factores ambientales que influyen el confort térmico se encuentran la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$), temperatura media radiante de las paredes ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (%) y velocidad del aire (m/s) (Fanger, 1972) (ASHRAE, 2013). Además existen factores fisiológicos que guardan relación con la capacidad de generación de calor de las personas y la capacidad de transmitirlos al entorno. Esta generación de calor se basa fundamentalmente en la actividad que esté desarrollando, así como con el nivel de aislamiento del cuerpo (Clo). (Technical Committee ISO/TC 159, 2004, 2007). El confort térmico además varía de una persona a otra debido también al sexo del individuo, la edad, su condición física o del nivel socio-económico.

2.2.2. Tipos de modelos de confort térmico

En el ámbito de la edificación todo está sujeto a posibles modificaciones, ya sean en la envolvente, en los materiales utilizados o en las instalaciones, pero una de las

condiciones imprescindibles para que sean viables esos cambios es que se mantenga la calidad de confort.

En la construcción comúnmente se utilizan métodos convencionales o de temperaturas de consigna fijas para determinar dichos niveles, pero no representan la situación real en la que se encuentra el edificio principalmente cuando se trata de edificios pasivos. Cuando se trata de viviendas sociales podemos afirmar que evaluar su calidad ambiental a partir de requerimientos de confort estáticos como los planteados por el CCS no es lo más adecuado, principalmente porque los usuarios van a hacer uso de su adaptación mediante el arropamiento o la ventilación para reducir al máximo su consumo de energía.

Es posible encontrar modelos de confort térmico estáticos en los cuales las temperaturas mínimas y máximas de confort son similares independientemente del usuario y las condiciones climáticas, por ejemplo el establecido en el CCS o en la tabla A.2 de la norma EN 15251:2007 (CEN, 2007; MINVU, 2016a). El CCS establece que las temperaturas de confort para la zona sur litoral en la que se encuentra Gran Concepción, ciudad de la Región del Bío-Bío, deben encontrarse entre 20 y 27 °C durante el día y entre 17 y 27 °C durante la noche, sin embargo la EN para uso residencial determina para la categoría II que el rango de temperaturas debe encontrarse entre 20 y 26 °C. Es necesario indicar que dicho modelo de temperaturas no es el más adecuado para la evaluación de viviendas sociales puesto que no suele corresponder con su funcionamiento real, estas suelen funcionar en oscilación libre salvo en situaciones extremas de frío o calor.

Así mismo, la evaluación del confort en ambientes térmicos moderados también se puede realizaren base a dos teorías: la teoría adaptiva y la teoría del balance térmico (Fanger, 1970)(De Dear & Brager, 2002). Estos métodos han sido desarrollados a partir de modelos matemáticos que permiten hacer una estimación y predecir las condiciones adecuadas en las que se encontrarían las personas para obtener la calidad térmica de su entorno.

Interpretando la definición según la ASHRAE 55-2013, confort térmico puede ser el resultado de la combinación o adaptación de los parámetros entorno y cuerpo humano. El método más extendido es el desarrollado por P. Fanger, quien desarrolló el primer modelo de balance de calor térmico (Fanger, 1970). Propuso un método donde se puede predecir la sensación térmica de las personas en un clima arbitrario, donde las variables podrían no satisfacer la ecuación del PMV. Declaró que la condición para el confort térmico depende de la temperatura de la piel y de la sudoración si ambos se encuentran dentro de un pequeño margen. A partir de esto, Fanger define entonces una estimación de temperatura de la piel y la secreción de sudor como una función de la tasa metabólica por análisis de regresión de los datos medidos. El método califica la sensación de confort térmico mediante una escala de 7 puntos psicofísicos adaptados de ASHRAE con valores que van desde -3, lo que indica frío, por encima de 0, lo que indica neutralidad y +3, indicando calor. Permite predecir qué estándar de confort sería el adecuado para un gran grupo de personas encontrándose en un mismo conjunto dado de condiciones ambientales, para un nivel Clo y una tasa metabólica determinados (Peeters, Dear, Hensen, & D'haeseleer, 2009).

La Norma Internacional ISO 7730 (ISO 7730:2005, 2005) se basa en el modelo de Fanger PMV y PPD. Ésta proporciona métodos para la evaluación de situaciones en disconfort que puede ser causadas por corrientes de aire, radiación asimétrica y los gradientes de temperatura.

La teoría adaptativa se basa en la capacidad de adaptación de los individuos a las condiciones térmicas, dicha adaptación puede ser metabólica, de arropamiento o a través de la apertura y cierre de ventanas. Numerosos experimentos de campo han mostrado que las respuestas térmicas de los ocupantes en espacios naturalmente ventilados dependen en parte del clima exterior y difieren de las respuestas térmicas de los ocupantes de edificios con sistemas de climatización, principalmente por las diferencias en la experiencia térmica, disponibilidad de control y cambios en las expectativas de los ocupantes (CEN, 2007). Por lo general, los modelos de CA se

aplica en espacios en los que los ocupantes están ocupados en actividades físicas casi sedentarias con valores metabólicos en un rango de 1,0 a 1,3 MET.

Los modelos para su evaluación surgen de baterías de encuestas realizadas a una muestra de individuos. Éstas están basadas en cuestiones sobre el ambiente, donde el sujeto asocia sus respuestas a una escala de valores y estos a su vez a una escala del confort (ISO 10551:1995, 1995; F. Nicol & Humphreys, 2010; J. F. Nicol & Humphreys, 2002).

2.2.3. Confort térmico adaptativo

De acuerdo con la mayoría de los estándares internacionales, el confort térmico puede ser definido como: "Aquella condición de la mente que proporciona satisfacción con el ambiente térmico" (ASHRAE, 2013).

De los proyectos de investigación RP-884 y SCATs (Smart Control and Thermal Comfort, SCATs), se han establecido los modelos de confort adaptativo más extendidos: ASHRAE 55-2013 (De Dear & Brager, 2002) y EN 15251:2007 (Humphreys, Rijal, & Nicol, 2013) (CEN, 2007). Estos modelos se aplican en edificios sin sistemas activos, donde hay fácil acceso a ventanas operables y los ocupantes pueden adaptar su vestimenta a las condiciones térmicas. Ambos modelos establecen que la actividad metabólica de los ocupantes deben estar entre 1,0 y 1,3 MET. y que es posible adaptar el nivel de vestimenta entre 0,5 y 1,0 Clo. De la misma manera, en ambos se utiliza para el cálculo de la temperatura promedio de funcionamiento Θ_m , de un día concreto, las temperaturas promedio exteriores de los 7 días previos, siendo Θ_{ed-1} la temperatura promedio exterior diaria del día anterior; Θ_{ed-2} es la temperatura promedio exterior diaria del día anterior al día Θ_{ed-1} y así sucesivamente mediante la ecuación [1].

$$[1] \quad \Theta_m = (\Theta_{ed-1} + 0,8 * \Theta_{ed-2} + 0,6 * \Theta_{ed-3} + 0,5 * \Theta_{ed-4} + 0,3 * \Theta_{ed-5} + 0,6 * \Theta_{ed-6} + 0,2 * \Theta_{ed-7}) / 3,8$$

Para estimar las temperaturas que establecen los estándares de confort térmico se utiliza la ecuación de Griffiths (F. Nicol & Humphreys, 2010). Lo que sugiere Griffiths es que un único valor estándar podría ser usado como el coeficiente de regresión lineal entre el voto de confort y la temperatura operativa. La temperatura neutral puede ser calculada por el voto de confort, asumiendo que el voto de confort cero en la escala de confort térmico de ASHRAE -3,-2,-1,0,1,2,3 representa "confort" (ASHRAE, 2013). Si en la escala de ASHRAE el voto de confort no es cero, entonces la temperatura neutral puede ser estimada por la Temperatura Operativa.

$$[2] T_{confort} = T_{operativa} - Voto_{confort} / Coef_{Griffiths}$$

La constante de Griffiths describe la relación entre disconfort del individuo y la temperatura. Nicols sugiere que la constante de Griffiths debe ser 0,5 para obtener unos resultados adecuados (F. Nicol & Humphreys, 2010).

2.2.4. Modelo de confort térmico adaptativo de la norma EN 15251:2008

Según la norma EN 15251:2007 se establecen cuatro tipos de clasificaciones de confort interior, en función de las expectativas que tendrán los ocupantes, así como otros factores que condicionan la percepción del confort y de la antigüedad del edificio (European Commission, 2002)(European Commission, 2010)(Programa de Estudios e Investigaciones en Energía, 2008)(J. F. Nicol & Humphreys, 2002), siendo los siguientes niveles:

- Categoría I: Alto nivel de expectativa, recomendado para espacios ocupados por personas débiles y sensibles con requerimientos especiales, como disminuidos, enfermos, niños muy pequeños y ancianos.
- Categoría II: Nivel normal de expectativa; debería utilizarse para edificios nuevos y renovados
- Categoría III: Aceptable y moderado nivel de expectativa; puede utilizarse en edificios ya existentes
- Categoría IV: Valores fuera de los criterios de las categorías anteriores. Esta categoría sólo debería aceptarse durante una parte limitada del año.

La evaluación del confort se realiza para cada una de las categorías en función a las ecuaciones 2,3,4,5,6 y 7. La representación gráfica de dichas formulas se encuentra en la figura 3. La evaluación de las temperaturas a partir del modelo descrito es válida para edificios de oficina y otros edificios de tipo similar utilizados principalmente para ocupación humana con actividades sedentarias principalmente y viviendas, donde hay fácil acceso a ventanas operables y los ocupantes pueden adaptar libremente su vestimenta a las condiciones térmicas exteriores y/o interiores. Para su aplicación la temperatura promedio de funcionamiento (Θ_{fm}) debe encontrarse entre 10 y 30 °C para los límites superiores y entre 15 y 30 °C para los límites inferiores.

[3] *Límite superior de la zona de confort Categoría I:* $\Theta_{max} = 0,33 * \Theta_{fm} + 18,8 + 2$

[4] *Límite inferior de la zona de confort Categoría I:* $\Theta_{min} = 0,33 * \Theta_{fm} + 18,8 - 2$

[5] *Límite superior de la zona de confort Categoría II:* $\Theta_{max} = 0,33 * \Theta_{fm} + 18,8 + 3$

[6] *Límite inferior de la zona de confort Categoría II:* $\Theta_{min} = 0,33 * \Theta_{fm} + 18,8 - 3$

[7] *Límite superior de la zona de confort Categoría III:* $\Theta_{max} = 0,33 * \Theta_{fm} + 18,8 + 4$

[8] *Límite inferior de la zona de confort Categoría III:* $\Theta_{min} = 0,33 * \Theta_{fm} + 18,8 - 4$

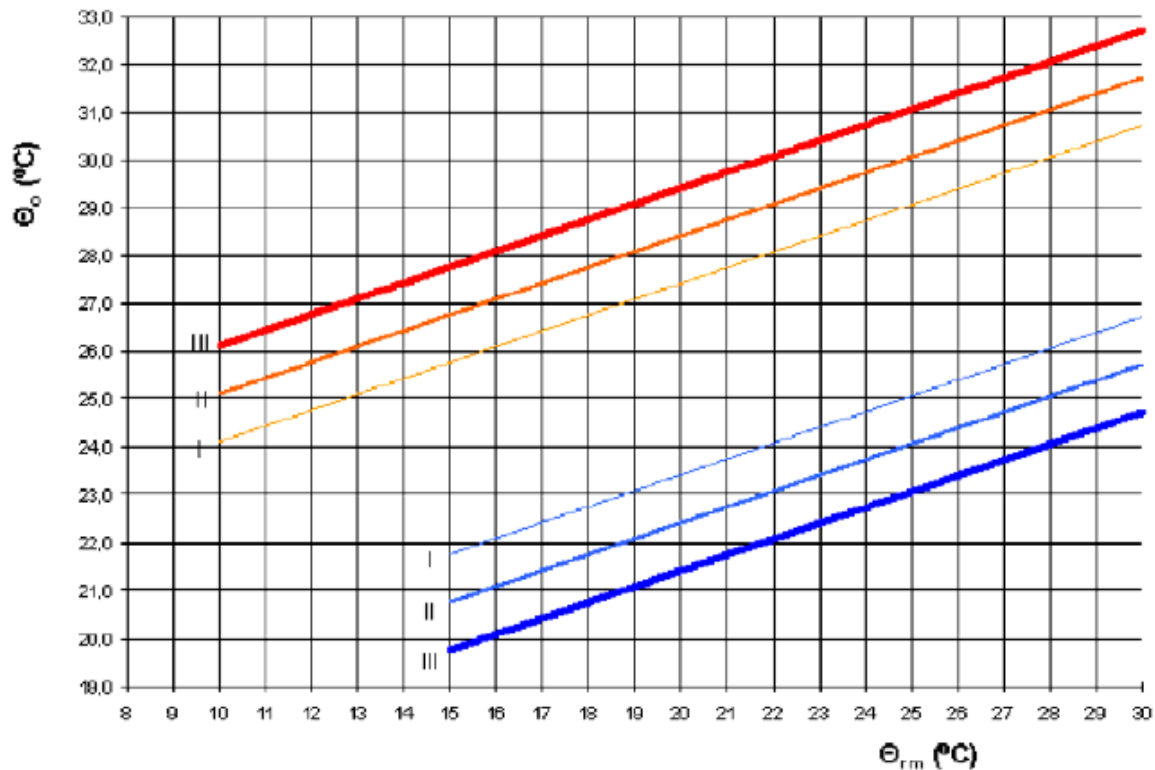


Figura 3 - Valores de diseño de la temperatura operativa interior para edificios sin sistemas de enfriamiento mecánico en función de la temperatura exterior media ponderada exponencialmente.

Fuente: EN 15251:2007.

2.2.5. Modelo de confort térmico adaptativo de la norma ASHRAE 55:2013

En el caso de ASHRAE 55-2013, en base al porcentaje de aceptabilidad de los ocupantes, se establecen dos niveles de confort térmico: el primero asociado con niveles típicos de exigencia del 80% y el segundo cuando se requiera un mayor nivel de confort siendo dicho porcentaje del 90%.

La evaluación del modelo de confort adaptativo ASHRAE se realiza en función a las exigencias de confort a partir de las ecuaciones 8,9,10 y 11. La representación gráfica de dichas formulas se encuentra en la figura 4. La evaluación de las temperaturas a partir del modelo descrito es válida para edificios para ocupación humana con actividades sedentarias con valores metabólicos en un rango de 1,0 a 1,3 al igual que ocurren en el modelo de la norma EN. El espacio debe disponer de fácil acceso

a ventanas operables y los ocupantes pueden adaptar libremente su vestimenta a las condiciones térmicas exteriores y/o interiores. Para su aplicación la temperatura promedio de funcionamiento (Θ_m) debe encontrarse entre 10 y 33,5 °C.

[9] Límite superior de la zona de confort de aceptabilidad del 80% = $0,31 * \Theta_m + 17,8 + 3,5$

[10] Límite inferior de la zona de confort de aceptabilidad del 80% = $0,31 * \Theta_m + 17,8 - 3,5$

[11] Límite superior de la zona de confort de aceptabilidad del 90% = $0,31 * \Theta_m + 17,8 + 2,5$

[12] Límite inferior de la zona de confort de aceptabilidad del 90% = $0,31 * \Theta_m + 17,8 - 2,5$

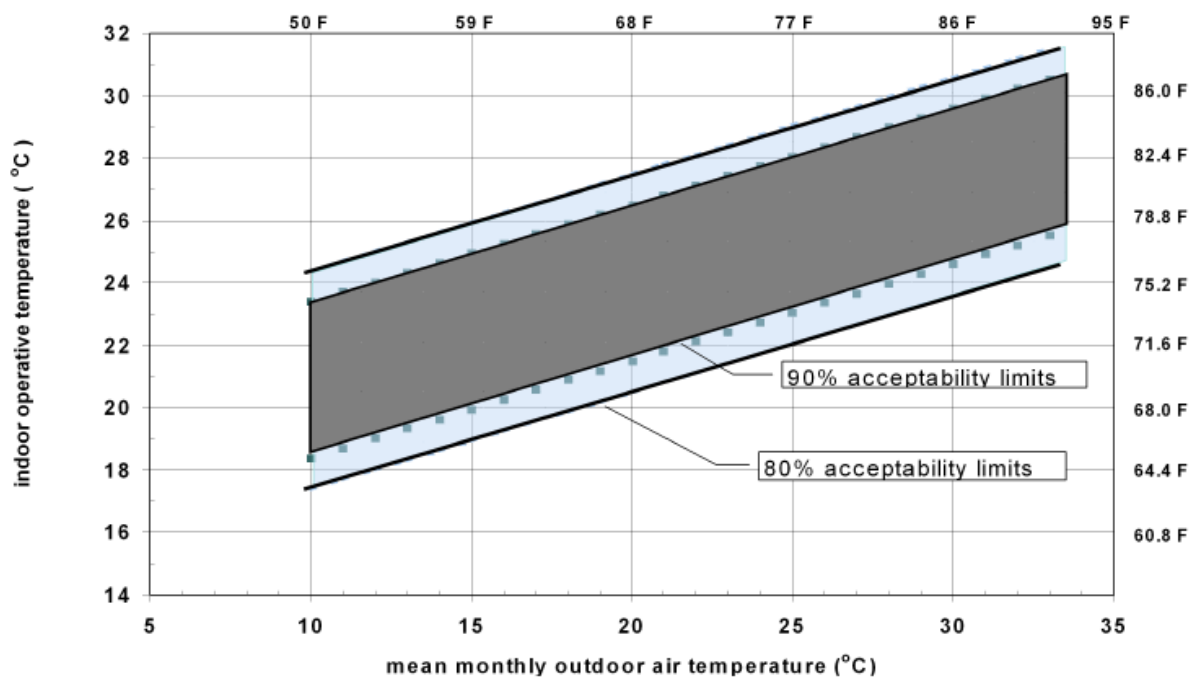


Figura 4 - Rangos de temperatura operativa aceptable para espacios naturalmente ventilados.

Fuente: ASHRAE 55-2013.

2.2.6. Modelo de confort térmico obtenido a partir de las encuestas realizadas en el proyecto FONDECYT 3160806.

El desarrollo del modelo CAS del proyecto FONDECYT 3160806 se ha desarrollado a partir de la realización de encuestas de confort térmico a los usuarios de viviendas sociales sumada a la monitorización en paralelo de temperaturas interiores y exteriores. De forma similar a los modelos de confort adaptativo de las normas EN y ASHRAE el modelo se ha creado a partir de la regresión de los valores obtenidos a partir del cálculo de las temperaturas de confort de los usuarios (F. Nicol & Humphreys, 2010). Dicha temperatura de confort se ha obtenido del voto del usuario y la temperatura operativa del espacio al momento de realizar la encuesta. Al igual que los anteriores modelos utiliza para el cálculo de la temperatura promedio de funcionamiento Θ_m , de un día concreto, obtenida de las temperaturas promedio exteriores de los 7 días previos.

En el caso de CAS, se establecen dos tipos de clasificaciones de confort interior, en función de las expectativas que tendrán los ocupantes, así como otros factores que condicionan la percepción del confort y de la antigüedad del edificio.

La evaluación del modelo de confort adaptativo CAS se realiza en función a las exigencias de confort a partir de las ecuaciones 12 y 13. La representación gráfica de dichas formulas se encuentra en la figura 5. La evaluación de las temperaturas a partir del modelo descrito es válida para edificios para ocupación humana con actividades sedentarias con valores metabólicos en un rango de 1,0 a 1,3 al igual que ocurren en el modelo de la norma EN y ASHRAE. El espacio debe disponer de fácil acceso a ventanas operables y los ocupantes pueden adaptar libremente su vestimenta a las condiciones térmicas exteriores y/o interiores. Para su aplicación la temperatura promedio de funcionamiento (Θ_m) debe encontrarse entre 5 y 30 °C.

$$[13] \text{Límite superior de la zona de confort alto nivel de expectativa} = 0,48 * \Theta_m + 14,94 + 2$$

$$[14] \text{Límite inferior de la zona de confort alto nivel de expectativa} = 0,48 * \Theta_m + 14,94 - 2$$

[15] Límite superior de la zona de confort nivel moderado de expec. = $0,48 * \vartheta_{m_i} + 14,94 + 4$

[16] Límite inferior de la zona de confort nivel moderado de expec. = $0,48 * \vartheta_{m_i} + 14,94 - 4$

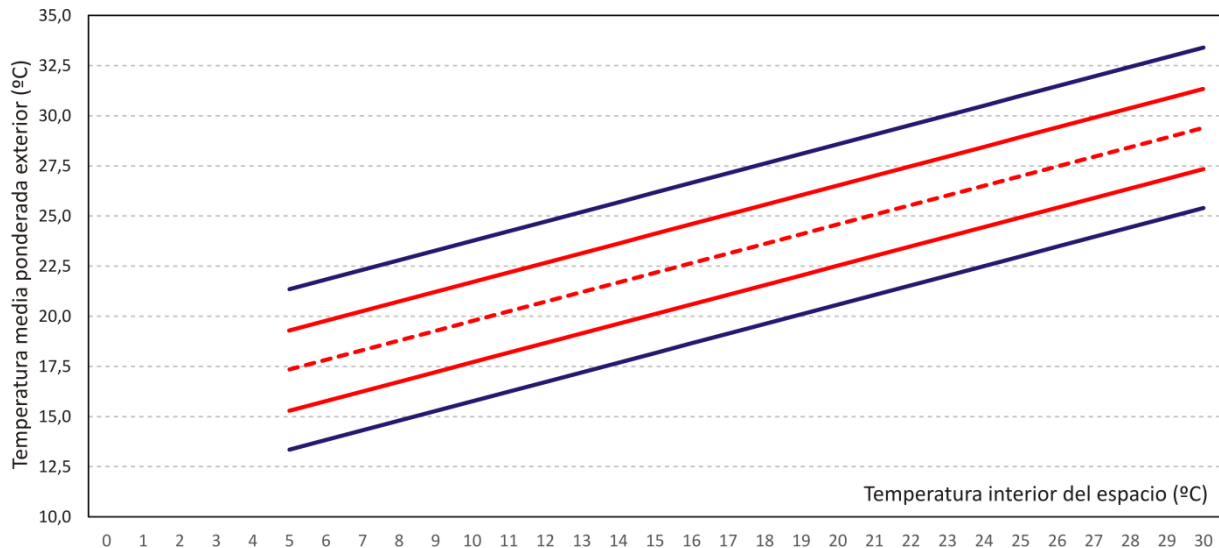


Figura 5 - Rangos de temperatura operativa aceptable para espacios naturalmente ventilados.

Fuente: FONDECYT 3160806.

2.3. MEJORAMIENTOS TÉRMICOS EN LA ENVOLVENTE

La mayor parte de la energía operacional requerida por el sector de la vivienda se utiliza para compensar las pérdidas de energía o las ganancias térmicas a través de la envolvente del edificio, por lo que cualquier mejora en su comportamiento térmico va a proporcionar importantes oportunidades de reducción de consumo energético y de emisiones de gases de efecto invernadero (Bambrook, Sproul, & Jacob, 2011; Lai & Wang, 2011; Sozer, 2010; Xu & Dessel, 2008). La colocación de la masa térmica y aislación térmica son elementos importantes para reducir la demanda de energía en funcionamiento y lograr eficiencia energética (Gregory, Moghtaderi, Sugo, & Page, 2008), siendo importante a su vez regular las pérdidas asociadas a ventilación e infiltraciones.

En Chile existen exigencias técnicas en cuanto a transmitancia (U) y resistencia térmica (RT) que deben cumplir los cerramientos de la envolvente en edificación. Estas exigencias se han fundado en base a una zonificación térmica, donde surgió la

necesidad de dividir el país en siete zonas térmicas en función de los datos de estudio obtenidos y del criterio Grados/Día de calefacción (GDc) anuales, concepto, que en un período de tiempo especificado (invierno), se obtiene como la suma de las diferencias entre una temperatura base (15 ° C) y las temperaturas día promediadas menos la temperatura base. El calor para superar la diferencia entre la temperatura de base y la temperatura de confort es suministrada por las ganancias de calor internas, tales como los ocupantes, equipos e iluminación. De acuerdo con esto, se ha establecido la transmitancia térmica por elemento de la envolvente para las viviendas en cada zona térmica de Chile (Tabla 2)(Vasco, Muñoz-Mejías, Pino-Sepúlveda, Ortega-Aguilera, & García-Herrera, 2017).

Tabla 2 - Transmitancia térmica (U) y Resistencia Térmica para cada zona térmica de Chile según el concepto de Grados/Día de calefacción.

ZONA TÉRMICA	CIUDAD	GRADOS/DÍA DE CALEFACCIÓN (GDc)	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
			U	RT	U	RT	U	RT
			(W/m ² K)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(m ² K/W)
1	Antofagasta	≤ 500	0,84	1,19	4,00	0,25	3,60	0,28
2	Viña del Mar	500 < GDc ≤ 750	0,60	1,67	3,00	0,33	0,87	1,15
3	Santiago	750 < GDc ≤ 1000	0,47	2,13	1,20	0,53	0,70	1,43
4	Concepción	1000 < GDc ≤ 1250	0,38	2,63	1,70	0,59	0,60	1,67
5	Temuco	1250 < GDc < 1500	0,33	3,03	1,60	0,63	0,50	2,00
6	Puerto Montt	1500 < GDc < 2000	0,28	3,57	1,10	0,91	0,39	2,56
7	Punta Arenas	≥ 2000	0,25	4,00	0,60	1,67	0,32	3,13

Los mejoramientos energéticos en la envolvente tienen como finalidad reducir el consumo de energía en construcciones existentes a partir de la reducción de la transmitancia térmica de la envolvente, la reducción de las infiltración, la regulación de los caudales de ventilación, la modificación de los factores solares de los vanos mediante la incorporación de protecciones solares u otros sistemas más sofisticados como la incorporación de captadores solares, muros trombe, etc. Cada tipo de intervención tiene asociada una serie de ventajas e inconvenientes que van desde la interferencia con los usuarios, a la diferencias de coste o efectividad de la medida.

2.3.1. Eficiencia energética

La eficiencia energética no es más que el uso eficiente de la energía, con ella se pretende optimizar los procesos productivos y realizar un empleo eficiente de la energía, esto quiere decir que, pudiendo utilizar los mismos recursos energéticos o incluso menores recursos se puede llegar a producir más bienes y servicios.

La eficiencia energética es un objetivo de las intervenciones públicas al menos desde la Ley de Política Regulatoria de Servicios Públicos de 1978 (PURPA). Estados Unidos y en particular en la Unión Europea, han prestado bastante atención recientemente para llevar a cabo este tipo de intervenciones, pero esta vez con el fin de mitigar el calentamiento global. Las medidas de política incluyen regulaciones a nivel técnico y la introducción de certificados de eficiencia con el fin de obligar a los servicios públicos y las empresas a invertir en la conservación (Wirl, 2015).

Comprender el comportamiento de los edificios a nivel general es necesario para poder crear una política de planificación de actuación de energías y crear un modelo estratégico para la mejora de éstos.

Una de las principales soluciones para mejorar la eficiencia energética de un edificio es gestionar el flujo de calor a través de su envolvente térmica. (Aldawi, Alam, Khan, & Alghamdi, 2013). Se considera como parte de la envolvente del edificio paredes exteriores, ventanas, puertas, techo y suelo, aquellos elementos que pueden afectar significativamente al consumo de energía (Lawania & Biswas, 2016). Se trata de una tarea difícil, por tanto, conseguir una buena eficiencia energética en función de la solución de las envolventes en viviendas y aún más si se utilizan materiales de construcción convencionales. Para las políticas energéticas el reto en las próximas décadas será establecer políticas que logren avances en eficiencia técnica de los diferentes elementos, como los que conforman la envolvente y que son considerados clave en su construcción (International Energy Agency (IEA), 2011) .

2.3.2. Tipos de mejoramientos térmicos para la envolvente térmica

Si llevamos a cabo soluciones constructivas que permitan mejorar la aislación térmica de una vivienda, estamos también mejorando las condiciones de confort y disminuyendo el gasto de energía por concepto de calefacción.

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en el año 1996 estableció un programa de reglamentación sobre acondicionamiento térmico de viviendas. Este programa está pensado para desarrollarse en tres etapas. La primera de ellas está vigente desde el año 2000 y la segunda desde el año 2007, mientras que la última de ellas aún no ha adquirido nivel de obligatoriedad:

- Etapa I: Aislación de techumbres.
- Etapa II: Aislación de muros, ventanas y pisos ventilados.
- Etapa III: Certificación Energética.

El objetivo principal de esta iniciativa es reducir lo máximo posible los niveles de consumo de energía y equilibrar, en cierto modo, las pérdidas o las ganancias térmicas.

El principal problema que nos encontramos actualmente es que la vigencia de estas exigencias es de hace muy poco tiempo, siendo un gran número de viviendas las que no dispone de ningún tipo de estas medidas de aislación térmica, esto podemos verlo si retrocedemos y observamos la Figura 2 del apartado 2.1.3.

Las intervenciones para mejoramiento de la envolvente térmica se pueden dividir de forma general en las clases siguientes:

- Mejoramiento en la techumbre
- Mejoramiento de solera
- Mejoramiento de muros
- Y mejoramiento de ventanas

Cada una de estas intervenciones lleva asociada una serie de ventajas e inconvenientes, desde el coste de la mejora, nivel de efectividad o complejidad en su implementación por las características constructivas que presente la vivienda.

Entre los tipos de aislamientos más usados para la rehabilitación exterior se encuentran el poliestireno expandido, la lana mineral, el poliestireno extruido y el poliuretano proyectado. En cualquier caso, todos los aislamientos llevarán un acabado que proteja el material de las inclemencias y de otros agentes que puedan deteriorarlo.

Contamos con dos tipos de intervenciones, intervención de mejora de la envolvente por el interior del edificio e intervención de mejora de la envolvente realizada por el exterior del edificio; en ambos casos dependerá de un estudio técnico específico de la vivienda a rehabilitar la viabilidad del tipo de actuación. Si se opta por la rehabilitación térmica desde el interior se tendrán que tener en cuenta, principalmente, la pérdida de superficie útil que implica la intervención, así como de la correcta resolución de los puentes térmicos, puesto que se trata de una tarea más compleja realizarla desde el interior que desde el exterior. Pero su principal ventaja es que presenta una mayor facilidad de actuación en cuanto a incorporación o saneamiento de los materiales que constituyen el sistema de envolvente.

En caso de descartar los dos sistemas anteriores por cualquier motivo de los descritos, podríamos optar por un tercer sistema que es la inyección en cámara de aislamiento. En el caso de usar espuma de poliuretano ésta deberá tener una densidad inicial baja, en torno a 12 kg/m³, llegando de 18 a 25 kg/m³ una vez aplicada. Con dicho sistema no se producen reducciones de superficies útiles pero la corrección de puentes térmicos resultará nula o casi nula y el llenado de la cámara puede verse afectado por elementos internos (restos de mortero, instalaciones, etc.).

Los materiales más usados para este tipo de intervención son el poliuretano inyectado y los nódulos de lana mineral. La limitación de la resistencia térmica de

ambos materiales estará en función del espesor de la cámara y de su adecuada ejecución.

Por último, cuando el mejoramiento de la envolvente depende de una intervención en ventanas la forma de actuación más sencilla es la sustitución de ventanas de vidrio simple por ventanas con doble vidrio hermético (DVH) o termopanel. No necesariamente tiene que ser la solución más económica pero si la más rápida en actuación para intervenir en las condiciones de confort del interior. Centrándonos en la ubicación para el desarrollo de este estudio, para la ciudad de Gran Concepción lo más adecuado sería que las ventanas presentaran una baja transmitancia térmica para así conservar el calor en el interior de las viviendas. Otros serán las ventajas que se consigan con este tipo de actuación como la mejora en aislamiento acústico. (Florian Schepp Ferrada, 2016).

2.3.3. Evaluación económica de los mejoramientos energéticos.

En el caso del sector de la construcción, en primer lugar, se requiere acudir a las opciones tradicionales de reducción del consumo de energía en los edificios, es decir, mejorar la calidad térmica de un edificio en sí y/o modernizar los sistemas de energía existentes por otros más eficientes. Una vez mejorada considerablemente la carga energética de un edificio, entonces podemos realizar la implementación de las opciones modernas de suministro de energía, incluida la utilización de las energías renovables como una solución razonable y eficaz (Chwieduk, 2017).

Es evidente que incluso una pequeña reducción en el consumo de energía de los edificios traerá economía muy importante y un gran impacto ecológico positivo para la sociedad (Mousavi & Vyatkin, 2015).

Para tener una idea de la evaluación económica que supone realizar mejoramientos en la envolvente podemos echarle un vistazo al proyecto "Manual de Re Acondicionamiento Térmico" (Florian Schepp Ferrada, 2016), donde se realizó una estimación de coste-beneficio (ver tabla 3) en función de varios posibles casos de

actuación de mejora energética y a su vez en la combinación de todas estas posibilidades. Se ha de mencionar que la investigación se basó en una vivienda de 50m² con estructura en madera de diferentes escuadrías y las siguientes especificaciones técnicas:

- Techumbre: comprende desde el cielo interior hasta la cubierta. Barrera de vapor de polietileno entre la terminación interior y la aislación; aislamiento de 100 mm de espesor.
- Solera: Actuación mediante la colocación de una barrera impermeable (polietileno) y aislación de poliestireno expandido de alta densidad 30 mm.
- Muros: se plantean varias alternativas.
 - Aislación Interior: el sistema constructivo planteado en el estudio se basa en listoneado pino 2"x 2" + Aislamiento de poliestireno expandido 40mm + barrera hidrófuga + placa de cartón yeso 10mm.
 - Aislación Exterior: poliestireno expandido alta densidad 40mm.
- Ventanas: mejoramiento mediante la colocación de ventanas termopanel.

Tabla 3 - Costos- Beneficios en caso de mejoramiento energético.

CASO DE ACTUACIÓN	COSTO ESTIMADO UNITARIO CON AISLACIÓN [\$ / m²]	AHORRO DE ENERGÍA ESTIMADO [%]	INDICADOR COSTO EFECTIVIDAD [\$ / kWh ahorrado]	
Techumbre	\$ 5000	23%	\$ 35	
Solera	\$ 1500	1,50%	\$ 155	
Muros	Aislación interior	\$ 10000	19%	\$ 350
	Aislación exterior	\$ 23500	21%	\$ 590
Ventanas	\$ 175000	14,90%	\$ 1400	

La combinación de todas estas posibilidades de mejora: aislación de techumbre + solera + muros + mejoramiento en ventanas, supondrá un ahorro energético del más del 60 % (Florian Schepp Ferrada, 2016).

Capítulo III: MARCO METODOLÓGICO DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La importancia de esta investigación, como anteriormente se han planteado en el apartado 1.1, surge ante la inquietud de complementar la última fase de investigación del Proyecto FONDECYT 3160806. Esta investigación sostiene que los métodos de CA internacionales aplicados a las viviendas sociales de la ciudad de Gran Concepción se traducen en un sobredimensionado en las características térmicas de los sistemas constructivos para envolventes de las viviendas. El planteamiento a partir de estos datos es, evaluar la diferencia en inversión económica que se produce si se aplica el CAS del Proyecto FONDECYT 3160806, frente a la inversión que requieren los estándares de confort exigidos por las normas EN 15251:2007 y ASHRAE 55-2013 para alcanzar un porcentaje de horas en confort térmico similar.

La secuencia en la investigación correspondería con las actividades propuestas en el apartado 3.9.

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Como precedente a esta investigación se ha desarrollado un profundo estudio de carácter exploratorio donde se establecen los valores de CAS. En este punto la investigación se torna a tipo correlacional, donde se comparan los resultados obtenidos del modelo de CAS con los de las normas internacionales EN y ASHRAE.

3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de esta investigación es de tipo cuantitativa en su primera fase debido a que se centra en describir los resultados de la comparación de la aplicación de los modelos de CAS, EN y ASHRAE. Para finalizar adquiere carácter cuantitativo puesto que se centra en obtener una solución óptima para resolver la envolvente térmica cumpliendo con los resultados arrojados anteriormente.

3.3. VARIABLES

Las variables de esta investigación corresponden al tipo nominal, esto quiere decir que no dependen de otros factores para que se produzcan.

3.3.1. Descripción de las variables dependientes

- Porcentaje de tiempo establecido en el que los ocupantes se encuentran en confort térmico con el modelo ASHRAE 55-2013.
- Porcentaje de tiempo establecido en el que los ocupantes se encuentran en confort térmico con el modelo EN 15251:2007.
- Porcentaje de tiempo establecido en el que los ocupantes se encuentran en confort térmico con el modelo CAS.
- Costos de inversión en mejoramientos.

3.3.2. Descripción de las variables independientes

- Temperaturas máximas y mínimas que establecen los rangos de confort.
- Temperaturas exteriores para simulación obtenidas del archivo climático.

3.4. ALCANCE

Esta investigación se desarrolla como parte complementaria del Proyecto FONDECYT 3160806. Este proyecto tiene como objetivo general el estudio del estándar de mejoramiento energético viable para viviendas sociales en situación de pobreza energética mediante la evaluación del CA y el análisis de su implementación progresiva con la finalidad de evitar el efecto rebote. Su finalidad es generar metodologías y antecedentes que permitan optimizar el proceso de análisis de inversiones en eficiencia energética en viviendas sociales mediante la obtención de información relevante en materia de los impactos que ocasionan en costos de inversión, operación y mantención de la incorporación de mejoramientos.

El alcance de esta investigación se centra en evaluar qué reducción económica conllevaría el uso del modelo de confort térmico adaptativo validado a partir monitorización y encuestas aplicadas a los usuarios de 40 las viviendas sociales de Concepción (CAS) frente a los establecidos por la las normas EN 15251:2007 y AHSRAE 55:2013 en el coste de inversión de mejoramientos térmicos en viviendas sociales del Gran Concepción en régimen de funcionamiento de oscilación libre.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población

La investigación está centrada en las viviendas sociales de la ciudad de Concepción aunque la población en la que se centra la investigación son todas las viviendas sociales construidas con subsidios pagados por el SERVIU mediante programas regulares entre 1.990 y 2.015 en la Región del Bío-Bío. El número total de viviendas ejecutadas en dicho periodo asciende a un total de 230.991 puesto que como indica Bustamante incluso las viviendas construidas con la aplicación de los nuevos estándares térmicos serán objeto de mejoramiento. Es necesario indicar que el 20,00% de dichas viviendas fueron construidas antes de la entrada en vigor de la Reglamentación Térmica en su primera fase y que el 29,49% son anteriores a la entrada en vigor de la segunda fase de la RT, por tanto, es posible decir que el 50% de las viviendas objeto de estudio no cumplen con ningún criterio de eficiencia energética.

*Tabla 4 - Subsidios pagados por el SERVIU a través del programa regular en el periodo 1990- 2015.
FUENTE: Ministerio de Vivienda de Urbanismo (hasta el año 2008 - DITEC / desde el año 2009-
DPH)*

PROGRAMA	1990-1999	2000-2009	2010-2015	TOTAL POR PROGRAMA
DS 145	9.855	14.306	1.469	35485
DS 140	5.981	8.673	0	20635
DS 62	1.958	5.895	0	9811
DS 174	0	29.789	12.480	42269
DS 49	0	0	6.160	6160
DS 44	18.998	6.426	0	44422
DS 235	13.820	9.831	44	37515
DS 40	0	12.758	4.202	16960
DS 4	0	0	5.305	5305
DS 01	0	0	12.429	12429
TOTAL	50612	87678	42089	230991

3.5.2. Muestra

La determinación de una muestra probabilística se realiza a partir de la varianza de la muestra y la varianza de la población,

La varianza de la muestra (S^2) es la probabilidad de ocurrencia esperada de la variable que se pretende medir, el valor es asignado atiende al nivel de significatividad que tiene la variable en función de la magnitud de ocurrencia por tanto, al tratarse el estudio de viviendas sociales la probabilidad de ocurrencia es alta en torno al 95% puesto que las viviendas serán seleccionadas bajo ese criterio.

Así la varianza de la muestra será:

$$[17] \quad S^2 = p (1 - p) = 0.95 (1 - 0.95) = 0.0475$$

Donde:

p: probabilidad de ocurrencia

S^2 : varianza de la muestra

La varianza de la población es el margen de error estándar con el que se desea trabajar para proyectar los resultados, generalmente se trabaja con valores que oscilan entre 0,010 y 0,015, mientras menor sea el margen de error estimado mayor confiabilidad tendrán los resultados. Debido al limitado tiempo del trabajo se ha decidido trabajar con un error de 0,05.

El cociente entre el cuadrado de la varianza de la muestra y el cuadrado de la varianza de la población da como resultado la muestra sin ajustar.

$$[18] \quad N = S^2 / V^2 = 0.0475 / 0.05 = 19 \text{ viviendas}$$

Donde:

N': muestra sin ajustar

S^2 : varianza de la muestra

V^2 : varianza de la población

La muestra ajustada tiene en cuenta las posibles pérdidas de la muestra con lo cual se incrementa el tamaño muestra, su cálculo calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$[19] \quad N = N' / (1 + N' / N)$$

Donde:

N': muestra sin ajustar

N: tamaño de la población

Siendo el tamaño de la población considerada para el estudio las 230.991 viviendas sociales construidas con subsidios otorgados por el MINVU en la Región del Bío-Bío entre 1990 y 2015. Por tanto, la muestra ajustada es la siguiente:

$$[20] \quad N = 19 / (1 + 19/230.991) = 19.0015$$

Finalmente, la muestra mínima necesaria sería de 19 viviendas.

Debido a que este estudio se desarrolla como parte complementaria del Proyecto FONDECYT 3160806 las tareas realizadas han precisado el estudio de un mayor número de muestras ajustadas a la envergadura de tal proyecto, en total 40 viviendas, por lo que en este informe se van a reflejar el estudio del total de éstas, sirviendo además para obtener una mayor precisión de los resultados.

3.6. INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1. Carta de consentimiento informado

El consentimiento informado constituye un eslabón crucial en las investigaciones que involucran seres humanos. Este documento (ANEXO I) fue empleado para informar al grupo de familias de cada vivienda sociales a estudiar sobre el trabajo que se va a realizar y el propósito para el cual se está solicitando la información, como lo indica la Ley N° 19.628 (*Ley N°19.628 PROTECCION DE DATOS DE CARACTER PERSONAL*, 2012). Este consentimiento debe ir firmado por un representante de la unidad familiar de cada vivienda y se les dejará una copia en su poder.

3.6.2. Formulario sobre datos de levantamiento

Se trata del documento empleado para recopilar toda la información referida a las viviendas (Anexo II):

- Tipología de vivienda
- Orientación
- Diseño de la vivienda
- Tipo de ventilación
- Estado de conservación
- Materiales de los sistemas constructivos

3.6.3. Formulario sobre datos de la vivienda

Este documento fue empleado para conocer la información referida a los sistemas de climatización que pueda disponer la vivienda (ANEXO III):

- Si disfruta o no de sistema de calefacción
- Gastos de electricidad o cualquier otro combustible para equipos de calefacción, si procediese.
- Batería de preguntas en base a circunstancias específicas planteadas acerca de cómo el ocupante percibe, en una escala de valores, la sensación de confort.

3.6.4. Encuesta sobre datos del usuario

Tiene como finalizar recabar datos a nivel personal de los ocupantes y el horario de uso que hacen de la vivienda (ANEXO IV):

- Nombres y apellidos
- Género
- Edad
- Peso
- Tiempo de actividad en la vivienda

- Padecimientos médicos

3.6.5. Encuesta de confort térmico

Este documento fue confeccionado en referencia a la norma ISO 10551:1995. Su finalidad es recopilar toda la información sobre la percepción térmica de los ocupantes de la vivienda en estudio (ANEXO V):

- Nivel de arropamiento
- Percepciones térmicas del ocupante en el momento de respuesta de la encuesta.

3.6.6. Equipo de monitoreo HOBO U12-13

Es el equipo empleado para la monitorización de viviendas. Éste equipo registra la humedad y la temperatura del aire en una secuencia establecida de tiempo, con un máximo de 43.000 registros. Su uso es exclusivo para el interior de la vivienda. Una vez obtenidas las lecturas son volcadas a un sistema informático y monitorizadas mediante la ayuda de software HOBOWare y éste las transforma a una tabla de datos en formato csv.

Para determinar la validación de los equipos se llevó a cabo una monitorización con todos los equipos de una misma oficina durante un periodo de 10 min; posteriormente se volcaron los datos a un sistema computacional y se obtuvo que el margen de error promedio era de ± 0.4 °C. Este margen se considera relativamente bajo por lo que fue despreciado en la obtención de resultados.

3.6.7. Software para el análisis de mejoramientos (Design Builder)

Se tiene por objetivo evaluar qué reducción económica conllevaría el uso del modelo de confort térmico adaptativo obtenido de a partir monitorización y encuestas aplicadas a los usuarios de las viviendas sociales de Concepción (CAS) frente a los establecidos por la las normas EN 15251:2007 y AHSRAE 55:2013 en el coste de inversión de mejoramientos térmicos en viviendas sociales del Gran Concepción en régimen de funcionamiento de oscilación libre. Para ello, es necesario la ejecución de

simulaciones térmicas para obtener las temperaturas horarias interiores de la vivienda objeto de análisis. Dichas simulaciones serán ejecutadas en la versión de Design Builder 5.0.1.016.

Design Builder es un software de simulación energética avanzada con la tecnología de modelado más avanzada del mercado para que arquitectos, ingenieros y consultores energéticos puedan diseñar cada vez edificios de menor impacto ambiental de la manera más eficiente en tiempo, esfuerzo y coste.

Funciona con el motor de cálculo Energy Plus que es el más extendido a nivel internacional para la ejecución de simulaciones dinámicas.

El software permite:

- Comparar múltiples alternativas de diseño fácilmente
- Optimizar tu diseño en cualquier etapa, considerando múltiples objetivos
- Modelar rápidamente incluso edificios con geometrías muy complejas
- Importar modelos BIM y planimetría CAD
- Generar imágenes renderizadas y videos animados

3.7. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

Actividad 1. Determinar una muestra representativa de viviendas sociales de la Región del Bío-Bío para el estudio.

Actividad 2. Analizar las encuestas aplicadas y monitorización de temperaturas.

Actividad 3. Cálculo de las temperaturas de confort de los usuarios.

Actividad 4. Comparar las temperaturas de confort obtenidas con los modelos de confort adaptativo de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y CAS.

Actividad 5. Determinar el mejoramiento térmico necesario para alcanzar las exigencias de la Norma Técnica MINVU (NTM 11-2).

Actividad 6. Selección de un caso de estudio para la aplicación del mejoramiento térmico.

Actividad 7. Aplicar el mejoramiento en el modelo de vivienda social mediante simulación dinámica.

Actividad 8. Obtención de las temperaturas horarias interiores y exteriores mediante la exportación de resultados.

Actividad 9. Cálculo en Microsoft Excel de las temperaturas promedio exteriores para la aplicación de los modelos de confort adaptativo y aplicación de estos para el cálculo del porcentaje tiempo condiciones de confort térmico en oscilación libre tras el mejoramiento con los diferentes modelos (EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y CAS).

Actividad 10. Cálculo de los límites superiores e inferiores de los modelos de confort adaptativo para cada una de las horas del año mediante la aplicación de las ecuaciones 6, 7 para el modelo EN, 8 y 9 para el modelo de ASHRAE y 12 y 13 para CAS.

Actividad 11. Cuantificación de las horas en las cuales la temperatura de la vivienda se encuentra dentro de los rangos de CA determinando el porcentaje de tiempo que representa en el año.

Actividad 12. Análisis de diferencias entre los resultados obtenidos de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y el modelo CAS.

Actividad 13. Determinación mediante la iteración de simulación cuál sería el mejoramiento necesario en caso de querer alcanzar un porcentaje tiempo similar con CAS al obtenido con los estándares internacionales.

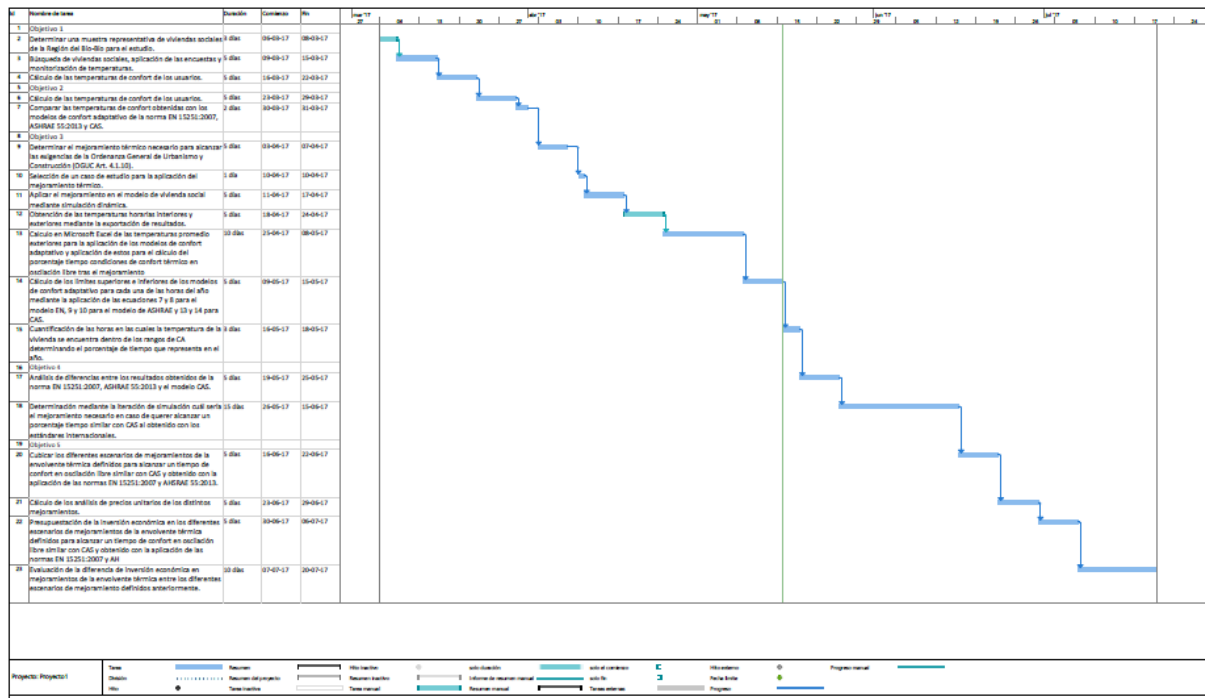
Actividad 14. Cubicar los diferentes escenarios de mejoramientos de la envolvente térmica definidos para alcanzar un tiempo de confort en oscilación libre similar con CAS y obtenido con la aplicación de las normas EN 15251:2007 y AHSRAE 55:2013.

Actividad 15. Calculo de los análisis de precios unitarios de los distintos mejoramientos.

Actividad 16. Presupuestación de los costes de ejecución en los diferentes escenarios de mejoramientos de la envolvente térmica definidos para alcanzar un tiempo de confort en oscilación libre similar con CAS y obtenido con la aplicación de las normas EN 15251:2007 y AHSRAE 55:2013.

Actividad 17. Evaluación de la diferencia de los costes de ejecución en mejoramientos de la envolvente térmica entre los diferentes escenarios de mejoramiento definidos anteriormente.

Tabla 5 - Carta Gantt de las actividades programadas para la investigación.



3.8. PROPUESTA METODOLÓGICA

3.8.1. Análisis de las encuestas aplicadas

Las encuestas fueron contestadas por un total de 135 personas, de las cuales 63 pertenecen al sexo masculino y 72 al sexo femenino.

B.M Johnson afirmó que los padres contestaban a las preguntas que los hijos no tenían capacidad para comprender (Johnson, 1981). De estas 135 personas que contestaron las encuestas se determinó que quedarían excluidos los datos registrados por aquellas personas con edad inferior a 17 años, sumando un total de 23 personas excluidas de la cifra total.

3.8.2. Temperatura promedio exterior

La determinación de las temperaturas promedio de funcionamiento para cada día del año se han realizado mediante las temperaturas horarias exteriores usadas para simulación a partir de la ecuación 1 del apartado 2.2.3.

3.8.3. Cálculo del porcentaje de tiempo en confort en régimen de oscilación libre

El porcentaje de tiempo en confort térmico se obtuvo a partir de las temperaturas de monitorización obtenidas mediante la exportación de los resultados de la simulación dinámica a Microsoft Excel y la aplicación del siguiente procedimiento de cálculo habiendo ya obtenido las temperaturas promedio exterior.

En primer lugar se ha procedido al cálculo de los límites superiores e inferiores de los modelos de confort adaptativo para cada una de las horas del año mediante la aplicación de las ecuaciones 7 y 8 para el modelo EN del apartado 2.2.3; las ecuaciones 9 y 10 para el modelo de ASHRAE del apartado 2.2.5; y 13 y 14 para CAS del apartado 2.2.6.

Una vez obtenidas las temperaturas límites horarias de confort adaptativo se han comparado con las temperaturas operativas del periodo de monitorización para evaluar si se encuentran dentro de los límites del 90% de ASHRAE 55-2013 y de la Categoría III de la EN 15251:2007 y del nivel moderado de expectativa de CAS (Ver apartados 2.2.4, 2.2.5 y 2.2.6).

Finalmente se cuantificaron las horas en las cuales la temperatura de la vivienda se encuentra dentro de los rangos de CA determinando el porcentaje de tiempo que representa en el año. La representación gráfica de dichos porcentajes se encuentra en las tablas siguientes 6,7,8 y 9.

Tabla 6 - Porcentaje de tiempo en confort obtenido de las encuestas de los usuarios aplicando los modelos de confort adaptativo de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y CAS.

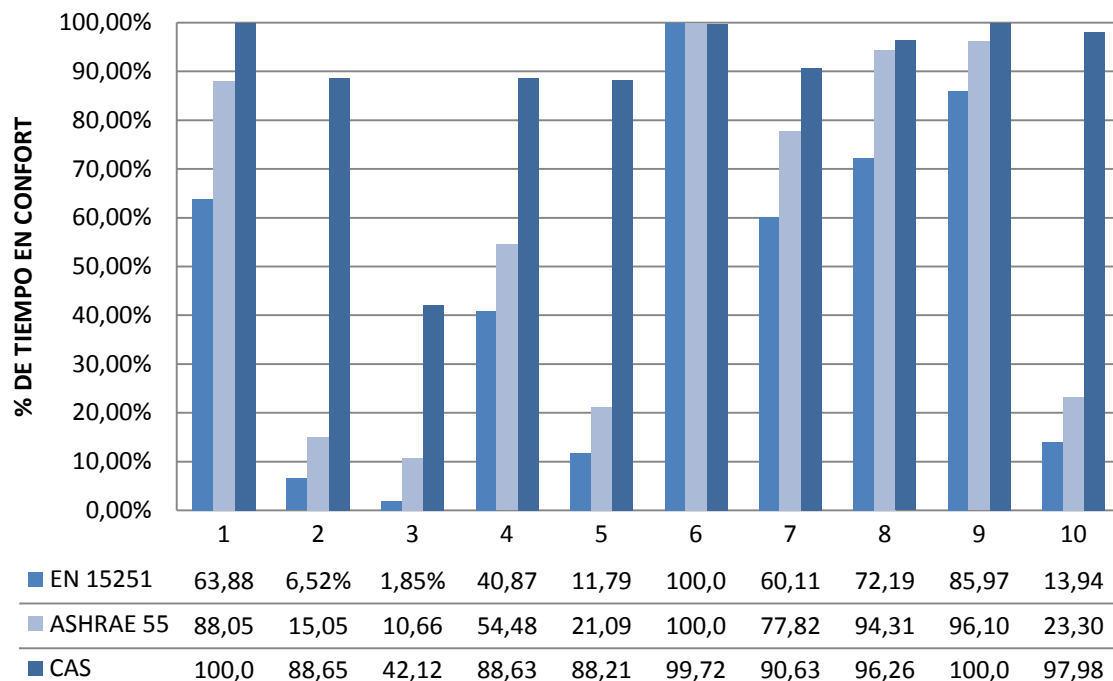


Tabla 7 - Porcentaje de tiempo en confort obtenido de las encuestas de los usuarios aplicando los modelos de confort adaptativo de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y CAS.

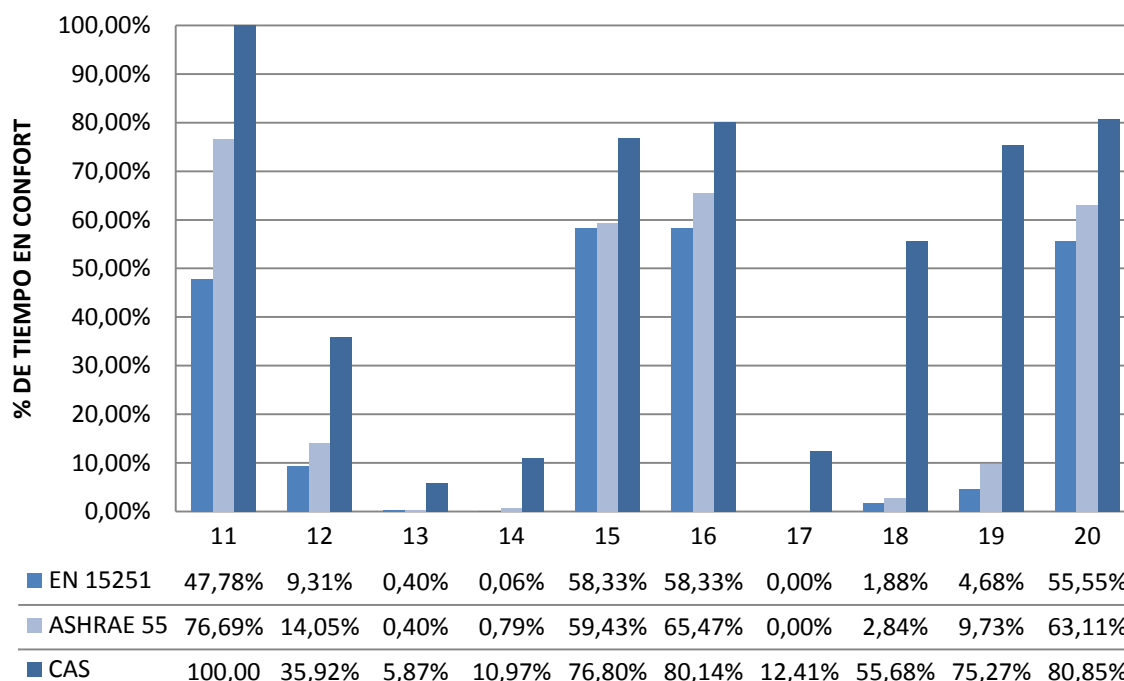


Tabla 8 - Porcentaje de tiempo en confort obtenido de las encuestas de los usuarios aplicando los modelos de confort adaptativo de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y CAS.

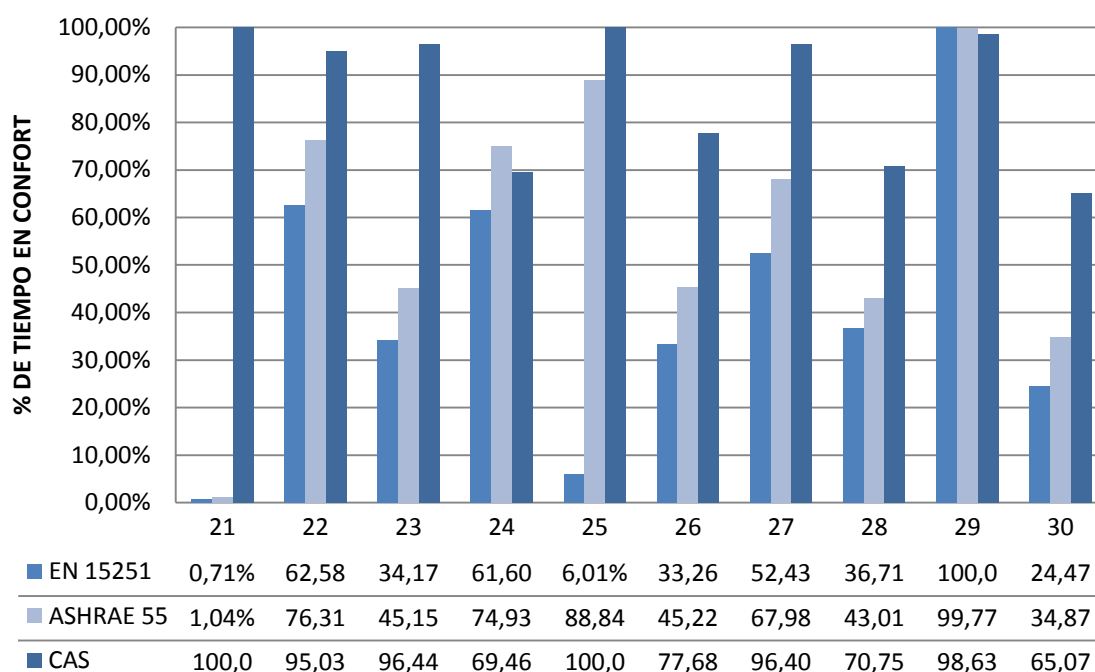
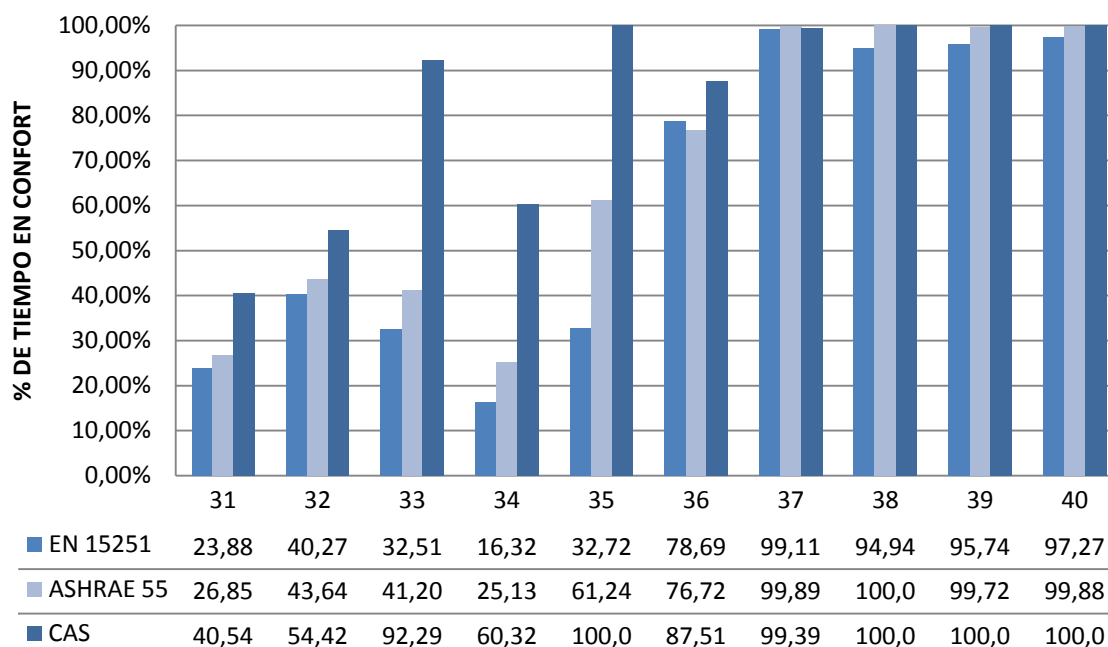


Tabla 9 - Porcentaje de tiempo en confort obtenido de las encuestas de los usuarios aplicando los modelos de confort adaptativo de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y CAS.



Las gráficas corresponden a los porcentajes de confort de las viviendas de estudio aplicando los modelos de confort adaptativo de la norma EN 15251:2007, ASHRAE 55:2013 y CAS. En comparación a modo general, se puede apreciar que los porcentajes menos favorables de confort los arroja de la norma europea EN 15251:2007; los resultados de la ASHRAE 55:2013 se ven intermediados entre los modelos aplicados; y los porcentajes más favorables de confort se obtienen de aplicar el modelo de confort adaptativo CAS.

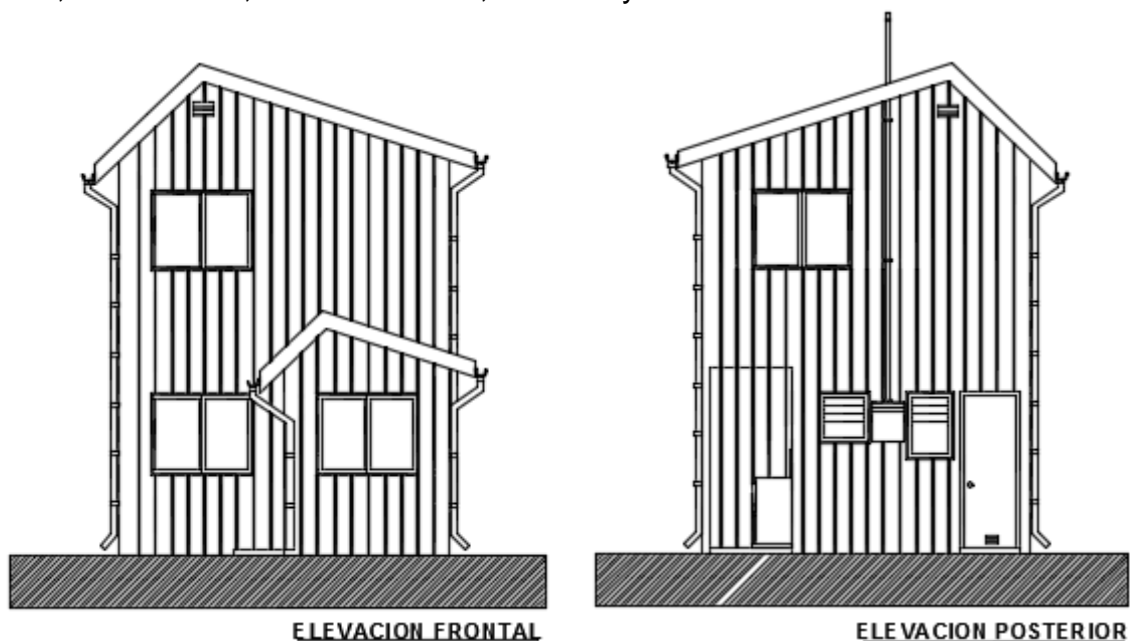
La disimilitud obtenida en los resultados era previsible debido a que las normas internacionales EN y ASHRAE con los modelos de confort más extendidos para estos casos de estudio, han sido creados basados en fuentes caracterizadas por una situación en el espacio y en el tiempo discorde a las que pudieran ser originarias en el caso de estudio de aplicación. Esto se traduce, por tanto, en que los resultados no representan la realidad estudiada.

El modelo de confort térmico CAS desarrollado en el proyecto FONDECYT 3160806 en base a los datos recogidos en las encuestas por los propios usuarios de las viviendas, sumado a la monitorización en paralelo de las temperaturas interiores y exteriores, derivan en la consecución de un modelo de confort térmico avenido a las circunstancias inherentes del lugar y al caso de estudio. Como resultado se alcanzan unos porcentajes de confort objetivos ajustados la realidad de la acción.

3.8.4. Determinación del mejoramiento térmico necesario para alcanzar las exigencias de la Norma Técnica MINVU (NTM 11-2)

Las viviendas sociales en Chile responden a una geometría estandarizada que posiblemente pueda deberse a las limitaciones de superficie acogidas en el Art. 1 del Decreto con Fuerza de Ley N° 2 de 1959 sobre el Plan Habitacional (MOP, 1959) y de presupuesto cumpliendo con el Artículo 6.1.2.de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (MINVU, 1992).

La vivienda modelo utilizada para el caso de estudio corresponde a una vivienda tipo de vivienda social de 50.48 m² distribuidos en dos plantas conformadas por una sala de estar, un comedor, dos dormitorios, un baño y una cocina.



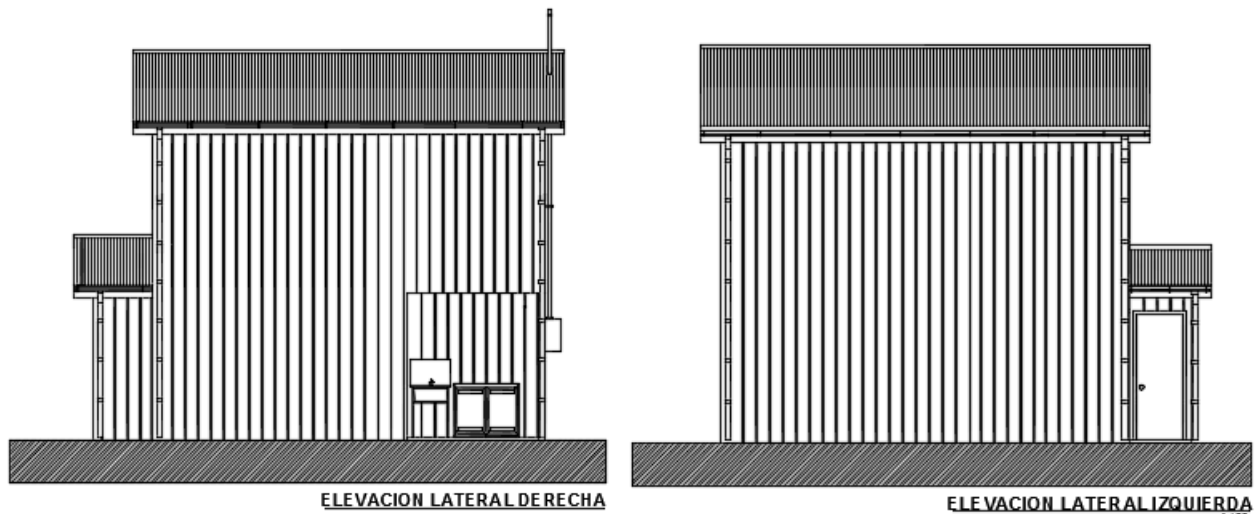


Figura 6 - Elevaciones de la vivienda modelo.

La transmitancia térmicas de los sistemas constructivos de la vivienda modelo se han calculado en base a la norma NCh853 Of 2007. "Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas" (INN, 2007), aplicando la fórmula 17.

$$[17] \quad U = \frac{1}{R_r} = \frac{\sum U_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

Los pisos en contacto con el terreno cumplen con el proceso de cálculo de transmitancia térmica establecido en el Documento de Apoyo al Documento Básico de Ahorro de Energía (DA-DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) (MFOM, 2015).

La Norma Técnica NTM 11-2 ha sido la establecida para el cumplimiento mínimo de exigencias térmicas en la vivienda modelo debido a que se trata de un anteproyecto de norma donde se desarrolla una propuesta de actualización del Reglamento Técnico y del Art. 4.1.10 de la OGUC, con intención próxima de su entrada en vigor.

Los datos obtenidos se muestran en la tabla 10 atendiendo a los elementos que componen los sistemas constructivos de muros, techumbre y pisos en contacto con el terreno. Ver anexo VI: Sistemas Constructivos.

Las ventanas son un elemento especialmente interesante debido a que confieren en diversos aspectos a considerar como es el aislamiento térmico, las ganancias solares, iluminación natural, protección contra el sobrecalentamiento, protección contra el ruido, privacidad y seguridad. Además determinan de manera significativa el consumo de energía de un edificio así como confort térmico (Citherlet, Di Guglielmo, & Gay, 2000). Tener en consideración las superficies de acristalamiento proporciona al estudio un enfoque mucho más objetivo en cuanto al comportamiento y/o rendimiento de un sistema con presencia de acristalamiento.

Es por ello que cabe citar que el sistema de acristalamiento que posee la vivienda modelo en su caso base está formado por un vidrio simple de 6 mm.

Tabla 10 - Transmitancia térmica de los sistemas constructivos que componen la vivienda modelo en comparación con las exigencias térmicas de la NTM.

ELEMENTOS	ESTRUCTURA BASE			TRANSMITANCIA	NTM
	REVESTIMIENTO EXTERIOR	ESTRUCTURA	REVESTIMIENTO INTERIOR	U [W/m ² k]	U [W/m ² k]
MUROS	Smart panel SR8 e=11,1mm	PB Fábrica de ladrillo 24x11,5x7,1 cm	Yeso cartón 10 mm	1,23	0,50
		P1 Pino IPV 2X3" @ 0,40 m		2,04	
TECHUMBRE	Plancha aluminio-zink 36660x851x0,35 cm	Pino IPV 2X2" @ 0,40 m	Yeso cartón 10 mm	3,67	0,33
PISO EN CONTACTO CON EL TERRENO	Ripio e=8cm / Arena e=5cm	Radier H25 e=10cm	Solera cerámica 45x45 cm	1,83	0,60

La estructura base de la vivienda modelo fue modificada respetando los materiales esenciales que la determinan hasta alcanzar el cumplimiento de los estándares exigidos por la Norma Técnica MINVU (NTM 11-2). Ver tabla 11. Ver anexo VI: Sistemas Constructivos.

El mejoramiento térmico resultado del cumplimiento mínimo de exigencias de la norma se caracteriza principalmente por la incorporación de aislación en los elementos de muro, techumbre y piso en contacto con el terreno.

La transmitancia térmica de un acristalamiento se puede considerar como la velocidad de transferencia de calor bajo condiciones de estado estacionario desde el aire de un lado del acristalamiento al aire del otro lado para el área de unidad y para la diferencia de temperatura unitaria (Gan, 2001). Los valores indicados para Transmitancia térmica (U) y Resistencia térmica (R_t) mínima para el complejo de ventanas en función de la zona térmica a la que pertenece la ciudad de Concepción (E) establece la norma que ha de ser mínimo de $3 \text{ W/m}^2\text{k}$ o $0.33 \text{ m}^2\text{k/W}$ respectivamente (MINVU, 2014). Para conseguir una mayor resistencia térmica se realizó una sustitución de un vidrio simple por un sistema de doble acristalamiento compuesto por dos hojas de vidrio de 6 mm y una cámara de aire de 8 mm. Una unidad de doble acristalamiento donde existen dos vidrios con una separación intermedia de aire aumentan las resistencia térmica debido a la baja conductividad térmica del aire y la barrera adicional a la radiación de onda larga proporcionada por proporcionada por el segundo vidrio (Gan, 2001).

Como consecuencia de la incorporación de aislación, la estructura que conforma el sistema constructivo de muro de la planta primera de la vivienda modelo tuvo que ser sustituido, en origen de pino IPV de 2x3", por pino IPV de 2x4" o como alternativa, sería necesario la incorporación de un suplementos en dicho estructura de madera hasta alcanzar con el espesor total del sistema condicionado por el espesor de la aislación.

Tabla 11 - Mejoramiento térmico necesario para alcanzar las exigencias establecidas por la Norma Técnica MINVU (NTM 11-2).

ELEMENTOS	REVESTIMIENTO EXTERIOR	BARRERA DE HUMEDAD	ESTRUCTURA MODIFICADA			TRANSMITANCIA	NTM 11-2
			ESTRUCTURA	AISLACIÓN	REVESTIMIENTO INTERIOR	U [W/m ² k]	U [W/m ² k]
MUROS	Smart panel SR8 e=11,1mm	-	PB Fábrica de ladrillo 24x11,5x7,1 cm	Poliestileno extruido [XPS] e=40 mm	Yeso cartón 10 mm	0,50	0,50
			P1 Pino IPV 2X4" @ 0,40 m	Lana mineral e=100 mm		0,45	
TECHUMBRE	Plancha aluminio-zinc 36660x851x0,35 cm	Fieltro asfáltico 10 lb	Pino IPV 2X2" @ 0,40 m	Lana mineral e=120 mm	Yeso cartón 10 mm	0,30	0,33
PISO EN CONTACTO CON EL TERRENO	Ripio e=8cm / Arena e=5cm	-	Radier H25 e=10cm	Poliestileno extruido [XPS] e=30 mm	Solera cerámica 45x45 cm	0,19	0,60

3.8.5. Determinación mediante simulación del porcentaje de tiempo en confort térmico en oscilación libre de las normas EN 15251:2007 y ASHRAE 55:2013.

Diferentes metodologías se pueden aplicar para la evaluación simulada de edificaciones residenciales. El Código de Construcción Sustentable CCS incluye un método o patrón para estas evaluaciones. No podemos olvidar para llevar a cabo el seguimiento del método que el caso de estudio se va a desarrollar en condición de oscilación libre. La evaluación se efectuó mediante un proceso de simulación con software Energy Plus.

Las cargas térmicas asociadas a los equipos electrónicos se determinaron mediante los valores establecidos en el CCS en porcentaje a la superficie en metros cuadrados que presenta la vivienda. Tabla 12.

Tabla 12- Cargas térmicas asociadas a equipos electrónicos.

EQUIPO	CANTIDAD	UNIDAD [W]
Refrigerados	1	250 W
Televisión	1 cada 40 m2	100 W
Computador	1	100 W

El total de todas las cargas sumadas resulta una carga 450 W que computados a la superficie total de la vivienda generan para la simulación una carga asociada a equipos de 8.9144 W/m².

El número de personas a considerar para las cargas térmicas asociadas a la ocupación vienen dadas en función del número de dormitorios, en este caso con dos dormitorios se consideran un total de tres personas.

En el artículo científico "Patterns of residential occupancy" (Johnson, 1981) B.M. Johnson recoge un método de evaluación de viviendas en función de una clasificación por tipología de vivienda y en función del número de ocupantes. Es de aquí de donde el CCS facilita un calendario de ocupación para la evaluación de todas las cargas establecidas.

Atendiendo a la clasificación de B.M. Johnson (Johnson, 1981) la clasificación que más similitud presenta con esta investigación sería la denominada como "Hogar tipo 4", donde Johnson considera dos adultos y al menos un niño en edad pre-escolar.

Los cargas asociadas a ocupación, así como las cargas asociadas a los equipos electrónicos, accesorios e iluminación, establecen unos calendarios para cada tipo de vivienda clasificada por Johnson. Tablas 13 y 14.

*Tabla 13 - Calendarios porcentajes cargas térmicas.
Fuente: Patterns of residential occupancy (Johnson, 1981).*

			PERIODO A.M.											
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
SEMANA	CARGA DE ENTRADA	CARGA MÁX.												
	OCUPACIÓN	730 W/h	45	45	45	45	45	45	50	55	40	40	40	40
	ACCESORIOS	730 W/h	19	19	19	19	19	19	19	52	61	100	43	61
FINES DE SEMANA	ILUMINACIÓN	1260 W/h	0	0	0	0	0	0	0	52	52	21	21	21
	OCUPACIÓN	730 W/h	45	45	45	45	45	45	45	45	73	73	73	73
	ACCESORIOS	730 W/h	19	19	19	19	19	19	19	19	37	61	19	19
FINES DE SEMANA	ILUMINACIÓN	730 W/h	0	0	0	0	0	0	0	0	63	48	32	32

*Tabla 14 - Calendarios porcentajes cargas térmicas.
Fuente: Patterns of residential occupancy (Johnson, 1981).*

			PERIODO P.M.											
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
SEMANA	CARGA DE ENTRADA	CARGA MÁX.												
	OCUPACIÓN	730 W/h	45	40	0	40	55	79	79	100	100	70	60	43
	ACCESORIOS	730 W/h	29	29	19	29	37	52	68	68	68	68	68	19
FINES DE SEMANA	ILUMINACIÓN	1260 W/h	37	21	0	21	37	84	95	100	100	84	94	52
	OCUPACIÓN	730 W/h	45	18	18	18	18	45	73	73	73	45	45	45
	ACCESORIOS	730 W/h	37	19	78	78	78	61	43	61	61	100	100	78
FINES DE SEMANA	ILUMINACIÓN	730 W/h	32	10	29	29	29	37	37	79	79	63	63	32

Promover un ambiente interno saludable por medio de sistemas de ventilación naturales o mecánicos y fomentando medidas que permitan reducir la exposición a concentraciones de contaminantes dañinos para la salud, los niveles mínimos de ventilación por extracción forzada serán de 5 renov/h (MINVU, 2016a).

Finalizada la simulación y obtenidas las temperaturas operativas se evaluaron para conocer qué porcentaje de tiempo la vivienda se encontraba dentro de los límites del

90% de ASHRAE 55-2013 y de la Categoría III de la EN 15251:2007 (Ver apartados 2.2.4 y 2.2.5).

Los resultados arrojados concretaron que el porcentaje en confort térmico obtenido por el programa Design Builder aplicando la norma internacional ASHRAE 55-2013 era de un 56.85 %, es decir, los ocupantes de la vivienda estarían un 56.85 % del tiempo durante un año en situación de confort.

Aplicando en el otro caso la norma internacional EN 15251:2007 los resultados obtenidos determinaron que los ocupantes estarían un 77.60 % del tiempo durante un año en situación de confort.

3.8.6. Determinación mediante iteración de simulación del mejoramiento térmico necesario para alcanzar el mismo porcentaje de confort térmico de la norma ASHRAE 55:2013 aplicando el modelo CAS.

El proceso para establecer los nuevos mejoramientos térmicos en la envolvente de la vivienda, que aplicando los estándares del modelo CAS deben alcanzar un porcentaje en confort igual o ligeramente superior que el establecido por las normas EN y ASHRAE, ha sido un proceso largo y dificultoso debido a la incertidumbre que procesa obtener el resultado esperado pudiendo variar los diferentes elementos que constituyen la envolvente de la vivienda.

Siguiendo un orden de actuación los mejoramientos térmicos se iniciaron en primer lugar modificando la aislación. Tabla 15. Esta modificación ha consistido en la reducción de los espesores de aislación de los elementos en base a las mejoras establecidas en la envolvente para cumplir con las exigencias térmicas de la Norma Técnica NTM 11-2 sobre las cuales se calcularon los porcentajes en confort de las normas internacionales.

Tabla 15 - Modificaciones de mejoramiento térmico aplicando los estándares del modelo CAS para alcanzar el mismo porcentaje en confort que ASHRAE 55:20013.

MEJORAMIENTO TÉRMICO PARA EXIGENCIAS NTM 11-2	MEJORAMIENTO TÉRMICO APLICANDO EL MODELO CAS
AISLACIÓN	
Poliestileno extruido [XPS] e=40 mm	Poliestileno extruido [XPS] e=30 mm
Lana mineral e=100 mm	Lana mineral e=75 mm
Lana mineral e=120 mm	Lana mineral e=100 mm
Poliestileno extruido [XPS] e=30 mm	Poliestileno extruido [XPS] e=20 mm

Varios son los sistemas que influyen en la transmitancia térmica de la envolvente de una vivienda, por lo que una alteración en los materiales de aislación no serían el único factor que condicionase la temperatura interna de la vivienda. Esta reducción se ve ligada igualmente al cambio de los sistemas de acristalamiento. Como ya mencionaba, Gan afirma que una unidad de doble acristalamiento aumenta la resistencia térmica debido a la baja conductividad térmica que aporta el aire (Gan, 2001). Una reducción por tanto de la transmitancia térmica de la envolvente se conseguirá resustituyendo el sistema de doble acristalamiento por un vidrio simple, en este caso se mantendrá el espesor del vidrio de 6 mm como en la vivienda en origen.

Como se recoge en el apartado 3.8.4 en relación a la estructura de madera de pino que afecta a la planta primera de la vivienda modelo, fue necesario el incremento de su espesor de 3 a 4" condicionado por el espesor de la aislación mediante lana mineral de 100 mm. En este supuesto, dicho espesor quedaría reducido a 75 mm lo que conlleva a que dicha estructura no se vea modificada conforme a la estructura base (Ver tabla 10). Ver anexo VI: Sistemas Constructivos.

Como conclusión a las modificaciones generadas para este apartado y aplicando los estándares del modelo CAS a los datos exportados de la simulación realizada se puede afirmar que el porcentaje en confort con dichos mejoramientos alcanza un 56.91 % de tiempo en confort durante un año de los ocupantes de la vivienda

modelo, frente al que se pretendía alcanzar de 56.85 % resultado de la norma ASHRAE 55:2013.

Se puede concluir este caso por tanto declarando que dichos mejoramientos establecidos y aplicando el modelo CAS se alcanza un porcentaje de tiempo en confort en oscilación libre similar al obtenido con la aplicación de la norma ASHRAE 55:2013.

3.8.7. Determinación mediante iteración de simulación del mejoramiento térmico necesario para alcanzar el mismo porcentaje de confort térmico de la norma EN 15251:2007 aplicando el modelo CAS.

El proceso llevado a cabo en el apartado anterior servirá de ejemplo para desarrollar el proceso necesario para cumplir con el objetivo de alcanzar un mismo porcentaje de confort térmico, ahora bien de la norma EN 15251:2007, aplicando el modelo CAS. El porcentaje de tiempo en confort que se pretende conseguir es del 77.60 % o similar, resultado de la aplicación de la norma EN 15251:2007.

Para recordar los mejoramientos realizados a la vivienda modelo para cumplir con las exigencias de la Norma Técnica NTM 11-2 sería recomendable dirigirse a la tabla 10. Si efectuamos una comparación con la tabla 16 podemos observar claramente las modificaciones en los elementos de la envolvente y con ello, las exigencias térmicas requeridas en cuestión por el modelo CAS para alcanzar un porcentaje en confort similar al a norma europea. Ver anexo VI: Sistemas Constructivos.

Podemos observar como la aislación en el elemento de muro de planta baja y en el piso en contacto con el terreno no sería necesaria.

Tabla 16 - Modificaciones de mejoramiento térmico aplicando los estándares del modelo CAS para alcanzar el mismo porcentaje en confort que EN 15251:2007.

ELEMENTOS	ESTRUCTURA MODIFICADA					TRANSMITANCIA U [W/m ² k]
	REVESTIMIENTO EXTERIOR	BARRERA DE HUMEDAD	ESTRUCTURA	AISLACIÓN	REVESTIMIENTO INTERIOR	
MUROS	Smart panel SR8 e=11,1mm	-	PB Fábrika de ladrillo 24x11,5x7,1 cm	-	Yeso cartón 10 mm	1.23
			P1 Pino IPV 2X3" @ 0,40 m	Lana mineral e=60 mm		0,58
TECHUMBRE	Plancha aluminio- zink 36660x851x0,35 cm	Fieltro asfáltico 10 lb	Pino IPV 2X2" @ 0,40 m	Lana mineral e=80 mm	Yeso cartón 10 mm	0,46
PISO EN CONTACTO CON EL TERRENO	Ripio e=8cm / Arena e=5cm	-	Radier H25 e=10cm	-	Solera cerámica 45x45 cm	2.56

El resultado obtenido del porcentaje de tiempo en confort aplicando el modelo CAS en este caso de estudio alcanza un 78.44 % por lo que se puede concluir diciendo que con dichas mejoras se consigue alcanzar un porcentaje CAS porcentaje de tiempo en confort en oscilación libre similar al obtenido con la aplicación de la norma EN 15251:2007.

3.8.8. Evaluación de la diferencia en los costos de ejecución en los distintos mejoramientos de la envolvente térmica.

Para alcanzar un tiempo en confort en oscilación libre similar con CAS al obtenido en la aplicación con la aplicación de las normas EN 15251:2007 y ASHRAE 55:2013, ha sido preciso la realización de dos actuaciones de mejoramiento en la envolvente, una para alcanzar el mismo porcentaje de tiempo en confort que la norma EN 15251:2007 y otra actuación de mejoramiento para alcanzar el mismo porcentaje de tiempo en confort que la norma ASHRAE 55:2013.

En Chile, desde 1964 a 2015 se han entregado más de 3.671.646 subsidios para la construcción de viviendas sociales, representando en torno 14.250.000 millones de pesos chilenos de inversión desde el año 1990 (MINVU, 2016b). El Artículo 6.1.2. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (MINVU, 1992), define que para ser categorizada como vivienda social su valor de tasación no será superior a 400

UF. Teniendo en cuenta que el valor de 1 UF está a día de hoy a 26.673.09 (SII, 2017) podemos hacer de los datos una traducción en la lectura, afirmando que en Chile desde el año 1990 se han podido adquirir o/y construir un mínimo de 1.335.616 viviendas sociales.

El estudio de los costos de ejecución se ha analizado mediante Análisis de Precios Unitarios (APU). El APU es un modelo matemático que adelanta el resultado, expresado en moneda, de una situación relacionada con una actividad sometida a estudio. El proceso se ha llevado a cabo mediante Microsoft Excel creando una plantilla de trabajo (Anexo VII: Análisis de Precios Unitarios). Todos los precios han extraídos del bancos de precios de casas comerciales actualmente estandarizadas a nivel nacional.

En dicho estudio de costos se desarrollan una serie de partidas / actividades necesarias para la ejecución de las mejoras. Todas aquellas actividades que por motivos de la ejecución se reiteran en todas las mejoras no se han tenido en cuenta para el tal estudio debido a que no confieren en el cálculo para conocer la diferencia de costos en ellas.

Habiendo evaluado los APU necesarios para llevar a cabo cada mejora que consigue recoger los siguientes valores expresados en pesos chilenos (CLP). Tabla 17.

Tabla 17 -Costo de ejecución de los mejoramiento térmicos.

ESTRUCTURA MODIFICADA PARA CUMPLIR CON LAS EXIGENCIAS TÉRMICA DE LA NTM 11-2	\$ 4.342.011,26
MEJORAMIENTO TÉRMICO PARA ALCANZAR EL MISMO PORCENTAJE EN CONFORT QUE ASHRAE 55:2013	\$ 3.089.681,93
MEJORAMIENTO TÉRMICO PARA ALCANZAR EL MISMO PORCENTAJE EN CONFORT QUE EN 15251:2007	\$ 1.815.843,89

Evaluando la diferencia entre los costos de ejecución en mejoramientos de la envolvente térmica para alcanzar un tiempo de confort en oscilación libre similar con CAS al obtenido con la aplicación de las normas EN 15251:2007 y ASHRAE 55:2013

podemos afirmar que el porcentaje de reducción de costos ejecución alcanza un 28.84 % cuando el porcentaje de tiempo en confort es similar a la norma ASHRAE 55:2013; y que porcentaje de reducción de costos de ejecución alcanza un 58.18 % cuando el porcentaje de tiempo en confort es similar a la norma EN 15251:2007.

En Chile, desde 1964 a 2015 se han entregado más de 3.671.646 subsidios para la construcción de viviendas sociales, representando en torno 14.250.000 millones de pesos chilenos de inversión desde el año 1990 (MINVU, 2016b). El Artículo 6.1.2. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (MINVU, 1992), define que para ser categorizada como vivienda social su valor de tasación no será superior a 400 UF. Teniendo en cuenta que el valor de 1 UF está a día de hoy a 26.673.09 (SII, 2017) podemos hacer de los datos una nueva interpretación en la lectura, afirmando que en Chile desde el año 1990 se han podido adquirir o/y construir un mínimo de 1.335.616 viviendas sociales.

Los costos de ejecución de las viviendas sociales quedaría reducidos según la investigación traduciéndose esto a que el valor de una vivienda social sería considerablemente inferior y por tanto, el monto de los subsidios podrían ser destinados un mayor número de viviendas sociales manteniendo los estándares de confort exigidos por los ocupantes; en su defecto, si los presupuestos en los costos de ejecución se reducen, el restante al monto del subsidio podría ser destinado por los ocupantes a otros aspecto relevantes de la construcción de la vivienda como al incremento de la calidad de los materiales de construcción, materiales de revestimiento de muros, pisos, instalaciones de suministro o a cualquier situación no contemplada en la programación de la obra que pueda ser sobrevenida.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS MODELOS DE CONFORT ADAPTATIVO
EN LOS COSTOS DE EJECUCIÓN PARA MEJORAMIENTOS DE LA
ENVOLVENTE TÉRMICA DE VIVIENDAS SOCIALES EN CONCEPCIÓN



Capítulo IV: CONCLUSIONES

A lo largo de la presente investigación se ha evaluado la reducción económica que conllevaría el uso del modelo de confort térmico adaptativo obtenido a partir de monitorización y encuestas aplicadas a los usuarios de las viviendas sociales de Concepción frente a los establecidos por las normas internacionales EN 15251:2007 y AHSRAE 55:2013 en el coste de ejecución de mejoramientos térmicos en viviendas sociales en Gran Concepción en régimen de funcionamiento de oscilación libre.

Se ha desarrollado para ello una propuesta metodológica fundada en las exigencias del anteproyecto de Norma Técnica MINVU (NTM 11-2) por condición de su inminente entrada en vigor como norma de obligado cumplimiento y las normas internacionales EN 15251:2007 y AHSRAE 55:2013. Han sido de aplicación aquellas normas de obligado cumplimiento que de alguna u otra manera interferían en los planteamientos desarrollados a lo largo del presente trabajo. Y del mismo modo, han sido considerados aquellos documentos que sin carácter de obligatoriedad han sido de gran utilidad para el desarrollo del proceso metodológico planteado. A lo largo de progreso de esta propuesta metodológica se ven cumplidos los objetivos específicos planteados al inicio del proyecto.

Finalmente se concluye este proyecto corroborando de la hipótesis la existencia en una reducción en los costes de ejecución en mejoramientos de la envolvente térmica para alcanzar un tiempo de confort en oscilación libre similar al obtenido a partir de la aplicación del modelo de la norma EN 15251:2007 y de ASHRAE 55:2013. Sin embargo, en la hipótesis se conjeturaba una reducción alrededor del 20 %, dicha reducción al finalizar el proyecto adquiere un valor del 28.84 % para el porcentaje más bajo hasta el 58.18 %. Esta desavenencia se ve contribuida a que efectivamente, como el propio significado de la palabra hipótesis dice, son valores establecidos como una suposición estimada provisional que sirve como base a la investigación.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS MODELOS DE CONFORT ADAPTATIVO
EN LOS COSTOS DE EJECUCIÓN PARA MEJORAMIENTOS DE LA
ENVOLVENTE TÉRMICA DE VIVIENDAS SOCIALES EN CONCEPCIÓN



Capítulo V: GLOSARIO

Adaptación: Ajustes fisiológicos, psicológicos y de conducta de los ocupantes del edificio al ambiente térmico interior para evitar el discomfort.

Aislante térmico: elemento que tiene una conductividad térmica menor que $0,060 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ y una resistencia térmica mayor que $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Barrera contra el vapor: elemento que tiene una resistencia a la difusión de vapor mayor que $10 \text{ MN} \cdot \text{s/g}$ equivalente a $2,7 \text{ m}^2 \cdot \text{h}\cdot\text{Pa/mg}$.

Calificación energética: letra que indica la clase de eficiencia energética para un indicador determinado (por ejemplo, consumo energético). La escala de calificación energética se construye en base al valor del indicador para el edificio de referencia, el valor del indicador para el edificio objeto y la dispersión del indicador para la población de referencia. En edificios nuevos la escala comprende, en orden de mayor a menor eficiencia, las calificaciones o clases A, B, C, D y E, extendiéndose hasta las calificaciones F y G para edificios existentes.

Cargas térmicas asociadas a equipos: Se considerarán las cargas térmicas asociadas a los equipos eléctricos con mayor presencia en las viviendas, y que tienen un mayor porcentaje de utilización.

Cargas térmicas asociadas a ocupación: Cargas térmicas asociadas a las personas que residen en la vivienda.

Clo: unidad utilizada para expresar el aislamiento térmico proporcionado por prendas y conjuntos de vestimenta, en los que $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{W}$ ($0,88 \text{ ft}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{F} / \text{Btu}$).

Costo: Cantidad que se da o se paga por algo.

Confort térmico: condición de la mente que expresa satisfacción con el medio ambiente térmico y se evalúa por medio de evaluación movimiento.

Ambiente térmico: las condiciones ambientales térmicas que afectan la pérdida de calor de una persona.

Consumo energético: es la energía necesaria para satisfacer la demanda energética de los servicios de calefacción, refrigeración, ACS y, en edificios de uso distinto al residencial privado, de iluminación, del edificio, teniendo en cuenta la eficiencia de los sistemas empleados. En el contexto de este documento, se expresa en términos de energía primaria y en unidades $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2 \cdot \text{año}$, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

Demanda energética: energía útil necesaria que tendrían que proporcionar los sistemas técnicos para mantener en el interior del edificio unas condiciones definidas reglamentariamente. Se puede dividir en demanda energética de calefacción, de refrigeración, de agua caliente sanitaria (ACS) y de iluminación, y se expresa en $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2 \cdot \text{año}$, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

Discomfort: la incomodidad térmica causada por condiciones específicas locales tales como una temperatura del aire diferencia entre los pies y la cabeza, por temperatura radiante, asimetría por refrigeración convectiva local (proyecto), o por contacto con un piso caliente o frío.

Elemento constructivo: parte del edificio con una función independiente. Se entienden como tales los suelos, los muros, las fachadas y las cubiertas.

Energía renovable: Energía procedente de fuentes renovables: energía procedente de fuentes renovables no fósiles, es decir, energía eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica y oceánica, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás.

Envolvente térmica: está compuesta por todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio, y por todas las

particiones interiores que delimitan los espacios habitables con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior.

Estándar: Que sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia.

Habitabilidad: Cualidad de habitable, y en particular la que, con arreglo a determinadas normas legales, tiene un local o una vivienda.

Humedad relativa: una referencia general al contenido de humedad aire. Se expresa en términos de varias variables termodinámicas, incluyendo la presión de vapor, la temperatura del punto de rocío, la humedad, temperatura, proporción de humedad y humedad relativa. Es promediado espacial y temporalmente de la misma manera que el aire temperatura.

Modelo adaptativo: modelo que relaciona las temperaturas de diseño en interiores con rangos de temperatura aceptables, a los sistemas meteorológicos o parámetros climatológicos.

Porcentaje de insatisfechos predicho(PPD): índice que establece una predicción cuantitativa del porcentaje de personas insatisfechas determinadas por PMV.

Resistencia Térmica Total: inverso de la transmitancia térmica del elemento. Suma de las resistencias de cada capa especial del elemento. Se expresa en $(m^2K)/W$.

Sensación térmica: expresión subjetiva consciente de una percepción térmica del ocupante sobre el medio ambiente, expresado usando las categorías "frío", "fresco", "ligeramente frío", "neutro", "ligeramente caliente", "cálido" y "caliente".

Sistema de acondicionamiento: Sistema capaz de mantener unas condiciones de bienestar en un recinto dentro de un rango definido.

Sistema de ventilación: Combinación de equipos diseñados para proporcionar aire exterior a los espacios interiores y para extraer el aire interior contaminado.

Solución constructiva: elemento constructivo caracterizado por los componentes concretos que lo forman junto con otros elementos del contorno ajenos al elemento constructivo cuyas características influyen en el nivel de prestación proporcionado.

Temperatura externa, promedio diario: Media de la temperatura del aire exterior promedio horario durante un día (24 h).

Transmitancia térmica (U): Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Se expresa en $W/(m^2 \times K)$.

Velocidad del aire: espacio recorrido por el aire en la unidad de tiempo, si una dirección.

Voto promedio previsto (PMV): índice que predice el valor medio de los votos de sensación térmica (percepciones auto-reportadas) de un gran grupo de personas en una escala de sensación expresado de -3 a +3 correspondiente a las categorías "frío", "fresco", "ligeramente frío", "neutro", "ligeramente caliente", "cálido" y "caliente".

Zona climática: zona para la que se definen unas solicitudes exteriores comunes a efectos de cálculo de la demanda energética. Se identifica mediante una letra, correspondiente a la severidad climática de invierno, y un número, correspondiente a la severidad climática de verano.

Capítulo VI: BIBLIOGRAFÍA

- Akcali, B. Y., & Sismanoglu, E. (2015). Innovation and the Effect of Research and Development (R&D) Expenditure on Growth in Some Developing and Developed Countries. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 768–775. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.474>
- Aldawi, F., Alam, F., Khan, I., & Alghamdi, M. (2013). Effect of Climates and Building Materials on House Wall Thermal Performance. *Procedia Engineering*, 56, 661–666. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.03.175>
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 34(3), 733–738. <http://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.04.007>
- ASHRAE. (2013). *ASHRAE Standard 55-2013 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. (ASHRAE Inc., Ed.), Ashrae. Atlanta GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Attia, S., & Carlucci, S. (2015). Impact of different thermal comfort models on zero energy residential buildings in hot climate. *Energy and Buildings*, 102, 117–128. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.05.017>
- Bambrook, S. M., Sproul, A. B., & Jacob, D. (2011). Design optimisation for a low energy home in Sydney. *Energy and Buildings*, 43(7), 1702–1711. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.03.013>
- Building Research Establishment. Código de Construcción Sustentable (2016). Santiago de Chile. Retrieved from <http://csustentable.minvu.cl/consulta-publica/>
- Bustamante, W., Cepeda, R., Martínez, P., & Santa María, H. (2009). Eficiencia energética en vivienda social: un desafío posible. In *Camino al Bicentenario - Propuestas para Chile* (pp. 253–282).
- CEN. (2007). *EN 15251:2007 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor quality, thermal environment, lighting and acoustics*. Brussels: European Committee for Standardization.
- Chwieduk, D. A. (2017). Towards modern options of energy conservation in buildings. *Renewable Energy*, 101, 1194–1202. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2016.09.061>
- CITEC UBB; DECON UC. (2012). *Manual de hermeticidad al aire de edificaciones*. (M. TREBILCOCK, Ed.) (1st ed.). Concepción: Fondef.
- Citherlet, S., Di Guglielmo, F., & Gay, J.-B. (2000). Window and advanced glazing systems life cycle assessment. *Energy and Buildings*, 32(3), 225–234. [http://doi.org/10.1016/S0378-7788\(98\)00073-5](http://doi.org/10.1016/S0378-7788(98)00073-5)
- Comisión Nacional de Energía. (2009). Balance nacional de energía. Retrieved

November 16, 2016, from <http://datos.energiaabierta.cl/datastreams/91918/bne-2009-distribucion-consumo-total/>

Comité Consultivo de Energía 2050. (2015). Hoja de Ruta 2050.

De Dear, R. J., & Brager, G. S. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: Revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings*, 34(6), 549–561. [http://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00005-1](http://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00005-1)

European Commission. (2002). Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. *Official Journal Of The European Union*, 65–71. <http://doi.org/10.1039/ap9842100196>

European Commission. (2010). Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Union*, 13–35. http://doi.org/10.3000/17252555.L_2010.153.eng

Fanger. (1972). Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering: Fanger, P.O. Danish Technical Press, Copenhagen, Denmark, 1970, 244 pp.: abstr. in World Textile Abstracts. *Applied Ergonomics*, 3(3), 181. [http://doi.org/10.1016/S0003-6870\(72\)80074-7](http://doi.org/10.1016/S0003-6870(72)80074-7)

Fanger, P. (1970). *Thermal comfort: analysis and applications in environmental Engineering*. (M.-H. B. Company, Ed.). United States.

Figueroa, R., Bobadilla, A., Besser, D., Días, M., Arriagada, R., & Espinoza, R. (2013). Air infiltration in Chilean housing : A baseline determination. In *PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future* (p. 6). Munich.

Florian Schepp Ferrada. (2016). *Manual de (Re) Acondicionamiento Térmico*. (F. S. Ferrada, Ed.) (1ª Edición). Concepción: El Sur Impresores.

Gan, G. (2001). Thermal transmittance of multiple glazing: computational fluid dynamics prediction. *Applied Thermal Engineering*, 21(15), 1583–1592. [http://doi.org/10.1016/S1359-4311\(01\)00016-3](http://doi.org/10.1016/S1359-4311(01)00016-3)

Gregory, K., Moghtaderi, B., Sugo, H., & Page, A. (2008). Effect of thermal mass on the thermal performance of various Australian residential constructions systems. *Energy and Buildings*, 40(4), 459–465. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.04.001>

Humphreys, M. A., Rijal, H. B., & Nicol, J. F. (2013). Updating the adaptive relation between climate and comfort indoors; new insights and an extended database. *Building and Environment*, 63, 40–55.

<http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.01.024>

- INN. NCh853 of 2007. Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas (2007).
- International Energy Agency (IEA). (2011). Clean energy progress report, 72.
- ISO 10551:1995. (1995). *Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales*. Brussels: International Standardization Organization.
- ISO 7730:2005. (2005). *Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Brussels: International Standardization Organization.
- Johnson. (1981). Patterns of residential.
- Kapilow-Cohen, B., Mayne, L., Barden, J., Martin, P., Mellish, M., Kearney, D., & Doman, L. (2007). International Energy Outlook 2007 World GDP: Potential Impacts of High and Low Oil Prices Reassessing the Potential for Oil Production in. Retrieved from www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html.
- Lai, C.-M., & Wang, Y.-H. (2011). Energy-Saving Potential of Building Envelope Designs in Residential Houses in Taiwan. *Energies*, 4(12), 2061–2076. <http://doi.org/10.3390/en4112061>
- Lawania, K. K., & Biswas, W. K. (2016). Achieving environmentally friendly building envelope for Western Australia's housing sector: A life cycle assessment approach. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5(2), 210–224. <http://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2016.04.005>
- Ley N°19.628 PROTECCION DE DATOS DE CARACTER PERSONAL (2012). Chile.
- Menegaki, A. N., & Tiwari, A. K. (2017). The index of sustainable economic welfare in the energy-growth nexus for American countries. *Ecological Indicators*, 72, 494–509. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.08.036>
- MFOM. (2015). DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envoltente, 1–19.
- MINVU. (1992). DS 47 - Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. Santiago de Chile. Retrieved from <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=8201>
- MINVU. (2007). Artículo 4.1.10. Exigencias de acondicionamiento térmico de la Ordenanza general de urbanismo y construcciones. In MINVU (Ed.), DS 47

Ordenanza general de la ley general de urbanismo y construcciones. Santiago.

MINVU. DS 01. REGLAMENTO DEL SISTEMA INTEGRADO DE SUBSIDIO HABITACIONAL (2011). Santiago de Chile. Retrieved from <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1026260>

MINVU. DS 49. REGLAMENTO DEL PROGRAMA FONDO SOLIDARIO DE ELECCIÓN DE VIVIENDA (2011). Santiago de Chile. Retrieved from <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1039424>

MINVU. (2014). Requisitos y mecanismos de acreditación para acondicionamiento ambiental de las edificaciones . Parte 2 : Comportamiento higrotérmico.

MINVU. (2016a). Código de Construcción Sustentable. Retrieved June 1, 2016, from <http://csustentable.minvu.cl/consulta-publica/>

MINVU. (2016b). Estadísticas históricas. Retrieved April 28, 2016, from <http://www.observatoriohabitacional.cl/>

MINVU. (2016c). Viviendas de modalidad Construcción en Sitio Propio con Proyecto Tipo. Retrieved May 11, 2016, from http://www.minvu.cl/opensite_20100902163054.aspx

MOP. (1959). Decreto con Fuerza de Ley N° 2 SOBRE PLAN HABITACIONAL. Retrieved November 16, 2016, from http://www.sii.cl/pagina/jurisprudencia/legislacion/basica/df12_1.htm

Mousavi, A., & Vyatkin, V. (2015). Energy Efficient Agent Function Block: A semantic agent approach to IEC 61499 function blocks in energy efficient building automation systems. *Automation in Construction*, 54, 127–142. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.007>

Nejat, P., Jomehzadeh, F., Taheri, M. M., Gohari, M., & Abd. Majid, M. Z. (2015). A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO2 emitting countries). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 843–862. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.066>

Nicol, F., & Humphreys, M. (2010). Derivation of the adaptive equations for thermal comfort in free-running buildings in European standard EN15251. *Building and Environment*, 45(1), 11–17. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.12.013>

Nicol, J. F., & Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6), 563–572. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778802000063>

OGUC. (2009).

- Peeters, L., Dear, R. de, Hensen, J., & D'haeseleer, W. (2009). Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation. *Applied Energy*, 86(5), 772–780. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.07.011>
- Pérez Fargallo, A., Calama Rodríguez, J., & Flores Alés, V. (2016). Comparativa de resultados de rehabilitación energética para viviendas en función del grado de mejora. *Informes de La Construcción*, 68(541). <http://doi.org/10.3989/ic.15.048>
- Pérez Fargallo, A., Flores Alés, V., & Calama Rodríguez, J. M. (2015). Comparison of Energy-Saving Restoration Costs Based on Spain's Initial Constraints [Single-Family Zone B4]. *Revista de La Construcción*, 14(2), 44–50. <http://doi.org/10.4067/S0718-915X2015000200006>
- Programa de Estudios e Investigaciones en Energía. (2008). Estimación del potencial de ahorro de energía, mediante mejoramientos de la eficiencia energética de los distintos sectores. Retrieved May 11, 2016, from <http://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2014/11/Estimaciones.pdf>
- SII. (2017). U.F. 2017. Retrieved July 7, 2017, from <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2017.htm>
- Sozer, H. (2010). Improving energy efficiency through the design of the building envelope. *Building and Environment*, 45(12), 2581–2593. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.05.004>
- Technical Committee ISO/TC 159. (2004). *ISO 8996:2004 Ergonomics of the thermal environment – Determination of metabolic rate*. Brussels: International Standardization Organization.
- Technical Committee ISO/TC 159. (2007). *ISO 9920:2007 Ergonomics of the thermal environment – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble*. Brussels: International Standardization Organization.
- UNEP. (2012). Building Design and Construction: Forging Resource Efficiency and Sustainable Development. Retrieved May 14, 2016, from http://www.unep.org/sbci/pdfs/UNEP_SBCI_PositionPaperJune2012.pdf
- Vasco, D. A., Muñoz-Mejías, M., Pino-Sepúlveda, R., Ortega-Aguilera, R., & García-Herrera, C. (2017). Thermal simulation of a social dwelling in Chile: Effect of the thermal zone and the temperature-dependant thermophysical properties of light envelope materials. *Applied Thermal Engineering*, 112, 771–783. <http://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.10.130>
- Wirl, F. (2015). White certificates — Energy efficiency programs under private information of consumers. *Energy Economics*, 49, 507–515. <http://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.03.026>



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS MODELOS DE CONFORT ADAPTATIVO
EN LOS COSTOS DE EJECUCIÓN PARA MEJORAMIENTOS DE LA
ENVOLVENTE TÉRMICA DE VIVIENDAS SOCIALES EN CONCEPCIÓN



Xu, X., & Dessel, S. Van. (2008). Evaluation of an Active Building Envelope window-system. *Building and Environment*, 43(11), 1785–1791.
<http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.10.013>



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS MODELOS DE CONFORT ADAPTATIVO
EN LOS COSTOS DE EJECUCIÓN PARA MEJORAMIENTOS DE LA
ENVOLVENTE TÉRMICA DE VIVIENDAS SOCIALES EN CONCEPCIÓN



Capítulo VII: ANEXOS

ANEXO I - Carta de consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estimado participante:

Quien suscribe, Alexis Pérez Fargallo, R.U.T.: 24734359-8, Investigador Postdoctoral del Departamento Diseño y Teoría de la Arquitectura de la Universidad del Bío-Bío, dirige una investigación titulada: "Estudio del estándar de mejoramiento energético viable para viviendas sociales en situación de pobreza energética mediante la evaluación del confort adaptativo post ocupacional y de su implementación progresiva".

El objetivo del estudio es "identificar factores relevantes en el mejoramiento de las construcciones habitacionales, a través de registrar las condiciones constructivas, ocupación residencial, valoración económica y su integración en el diseño arquitectónico".

Usted ha sido seleccionado para participar en esta investigación, la cual consiste en relatar sus experiencias de ocupación y/o consideraciones habitacionales sobre aspectos de calidad ambiental y desempeño energético, y a su vez medir mediante equipos de monitorización el desempeño de la vivienda. Esto le tomará aproximadamente 2 horas.

La información obtenida a través de este estudio será mantenida bajo estricta confidencialidad. Su nombre no será utilizado y la información será sólo almacenada por el investigador principal en dependencias institucionales, no existiendo copias de ésta. Esta información sólo será utilizada en esta investigación.

Usted tiene el derecho de retirar el consentimiento para su participación en cualquier momento.

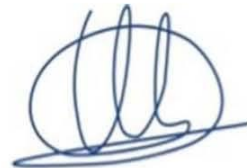
El estudio no conlleva ningún riesgo para su salud ni recibe ningún beneficio. No recibirá compensación por participar. Los resultados grupales estarán disponibles en el Departamento Diseño y Teoría de la Arquitectura Escuela de la Universidad del Bío-Bío si así desea solicitarlos. Si tiene alguna pregunta sobre esta investigación, se puede comunicar con Alexis Pérez Fargallo al fono 41-3111127 o al correo electrónico aperezf@ubiobio.cl.

Este consentimiento se firmará en dos ejemplares, quedando uno en poder del participante.

Si desea contactarse con el Comité de Bioética y Bioseguridad de la Universidad del Bío-Bío, debe dirigirse al Sr. Sergio Acuña, Presidente del Comité al email: sacuna@ubiobio.cl, teléfono (041) 3111633.

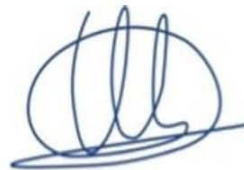
Agradeciendo su participación, le saluda atentamente,

Alexis Pérez Fargallo



ACEPTACIÓN

Yo, _____, he leído el procedimiento descrito arriba. El investigador me ha explicado el estudio y ha contestado mis preguntas. Voluntariamente doy mi consentimiento para participar en el estudio del Sr. Alexis Pérez Fargallo sobre “Estudio del estándar de mejoramiento energético viable para viviendas sociales en situación de pobreza energética mediante la evaluación del confort adaptativo post ocupacional y de su implementación progresiva”. He recibido copia de este procedimiento.



Firma participante

Alexis Pérez Fargallo
Investigador Principal

ANEXO II - Formulario sobre datos de levantamiento

12/4/2016

00 Datos levantamiento

00 Datos levantamiento

Se realizará una única toma de datos por vivienda.

*Required

Proyecto Fondecyt n° 3160806

Estudio del estándar de mejoramiento energético viable para viviendas sociales en situación de pobreza energética mediante la evaluación del confort adaptativo post ocupacional y de su implementación progresiva.



CITECUBB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



FONDECYT
Fondo Nacional de Desarrollo
Científico y Tecnológico

1. Código vivienda *

Revisar formato "Instrucciones trabajo de campo".

.....

2. Dirección *

.....

3. Comuna *

.....

4. ¿Cuál es la orientación del comedor? *

Mark only one oval.

- ☐ Norte
- ☐ Sur
- ☐ Este
- ☐ Oeste
- ☐ Noreste
- ☐ Noroeste
- ☐ Sureste
- ☐ Suroeste

5. ¿Su cocina es abierta al comedor? *

Mark only one oval.

- ☐ Si
- ☐ No

12/4/2016

00 Datos levantamiento

12. ¿Cuál es la tipología?

Tick all that apply.

- ☐ Aislada
- ☐ En hilera
- ☐ Esquina
- ☐ Pareada

13. ¿Tiene patios interiores?

Tick all that apply.

- ☐ Si
- ☐ No

14. ¿Tiene mansarda?

Tick all that apply.

- ☐ Si
- ☐ No

Tipología departamento en bloque

15. Número de plantas del bloque

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. ¿Planta en la que se encuentra su departamento?

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. ¿Cuál es su departamento?

Tick all that apply.

- ☐ Central con una fachada
- ☐ Central con dos fachadas
- ☐ En esquina

Skip to question 18.

Materialidades

12/4/2016

00 Datos levantamiento

18. Materialidad muros Planta Primera

(En departamentos responder a las situadas en planta primera)
Mark only one oval per row.

	Muro de albañilería	Muro de albañilería con cámara de aire	Madera	Paneles SIP	Metalcon	Bloques de hormigón	Hormigón
Fachadas planta primera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Medianeras planta primera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fachadas planta segunda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Medianeras planta segunda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mansarda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sótano	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

19. Descripción de otras materialidades no contempladas

.....

.....

.....

.....

.....

20. ¿Los muros disponen de aislación térmica? *

(En departamentos responder a las situadas en planta primera)
Tick all that apply.

- ☐ Si
- ☐ No

21. ¿Cuál es la transmitancia térmica de las fachadas de planta primera?

(En departamentos responder a las situadas en planta primera)

.....

22. ¿Cuál es la transmitancia térmica de las medianeras de planta primera?

(En departamentos responder a las situadas en planta primera)

.....

23. ¿Cuál es la transmitancia térmica de las fachadas de planta segunda?

(En departamentos responder a las situadas en planta primera)

.....

12/4/2016

00 Datos levantamiento

24. ¿Cuál es la transmitancia térmica de las medianeras de planta segunda?

(En departamentos responder a las situadas en planta primera)

.....

25. Materialidad piso y cielo *

Mark only one oval per row.

	Acero	Hormigón	Ladrillo	Madera	Paneles SIP	Metalcon
Piso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cielo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26. ¿Los pisos disponen de aislación térmica? *

(En departamentos responder a las situadas en planta primera)

Mark only one oval.

- ☐ Si
☐ No

27. ¿Cuál es la transmitancia térmica del piso?

.....

28. ¿El cielo dispone de aislación térmica? *

(En departamentos responder a las situadas en planta primera)

Mark only one oval.

- ☐ Si
☐ No

29. ¿Cuál es la transmitancia térmica del cielo?

.....

30. Materialidad estructura

(En departamentos responder a las situadas en planta primera)

Mark only one oval per row.

	Acero	Hormigón	Ladrillo	Madera	Paneles SIP	Metalcon	Bloques de hormigón
Planta primera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planta segunda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mansarda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sótano	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12/4/2016

00 Datos levantamiento

31. Materialidad perfiles de ventanas

(En departamentos responder a las situadas en planta primera)
Mark only one oval per row.

	Acero	Aluminio	PVC	Madera
Planta primera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planta segunda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mansarda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sótano	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

32. Tipo de vidrio en vanos

(En departamentos responder a las situadas en planta primera)
Mark only one oval per row.

	Vidrio Simple	Termo panel
Planta primera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planta segunda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mansarda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sótano	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

33. Protecciones solares *

(En departamentos responder a las situadas en planta primera)
Mark only one oval per row.

	Cortina	Persiana	Celosía	Ningún tipo de protección
Planta primera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planta segunda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mansarda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sótano	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Chequeo de datos tomados

34. ¿Ha tomado fotos exteriores? *

Mark only one oval.

- ☐ Si
☐ No

35. ¿Ha realizado croquis de las plantas con todas las medidas? *

Mark only one oval.

- ☐ Si
☐ No

36. ¿Ha realizado croquis de los elevaciones con vanos y todas las medidas? *

Mark only one oval.

- ☐ Si
☐ No



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS MODELOS DE CONFORT ADAPTATIVO
EN LOS COSTOS DE EJECUCIÓN PARA MEJORAMIENTOS DE LA
ENVOLVENTE TÉRMICA DE VIVIENDAS SOCIALES EN CONCEPCIÓN



12/4/2016

00 Datos levantamiento

37. ¿Ha medido los espesores de los muros? *

Mark only one oval.

☐

Si Stop filling out this form.

☐

No Stop filling out this form.

Powered by



Google Forms

ANEXO III - Formulario sobre datos de la vivienda

12/4/2016

01 Toma de datos vivienda

01 Toma de datos vivienda

Se realizará una única toma de datos por vivienda.

*Required

Proyecto Fondecyt n° 3160806

Estudio del estándar de mejoramiento energético viable para viviendas sociales en situación de pobreza energética mediante la evaluación del confort adaptativo post ocupacional y de su implementación progresiva.



CITECUBB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
TÉCNICAS DE LA CONSTRUCCIÓN
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



FONDECYT
Fondo Nacional de Desarrollo
Científico y Tecnológico

1. Código vivienda *

Revisar formato "Instrucciones trabajo de campo".

2. Número de miembros del grupo familiar *

Mark only one oval.

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6
- ☐ 7
- ☐ 8
- ☐ 9
- ☐ Más de 10

Skip to question 3.

Instalaciones de calefacción

3. ¿Dispone su vivienda de calefacción? *

Mark only one oval.

- ☐ Si Skip to question 4.
- ☐ No Skip to question 10.

Skip to question 11.

Instalaciones de calefacción

12/4/2016

01 Toma de datos vivienda

4. ¿Qué sistema de calefacción usa?

Indique el tipo de calefacción y el número de sistemas iguales que usa
Mark only one oval per row.

	1	2	3	4
Estufa de leña	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estufa de pellets	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estufa a gas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estufa a parafina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estufa eléctrica de tiro forzado de parafina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calientacamas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Convector eléctrico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calefactor halógeno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Termoventiladores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calefactor infrarrojo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oleo eléctrico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. ¿Cuánto dinero aproximadamente gasta mensualmente en electricidad?

Mark only one oval.

- ☐ Menos de 5.000 de pesos
- ☐ 5.000-10.000
- ☐ 10.000-15.000
- ☐ 15.000-20.000
- ☐ 20.000-25.000
- ☐ 25.000-30.000
- ☐ 30.000-40.000
- ☐ 40.000-50.000
- ☐ Más de 50.000 de pesos

6. ¿Cuánto dinero aproximadamente gasta mensualmente en pellets?

Mark only one oval.

- ☐ Menos de 5.000 de pesos
- ☐ 5.000-10.000
- ☐ 10.000-15.000
- ☐ 15.000-20.000
- ☐ 20.000-25.000
- ☐ 25.000-30.000
- ☐ 30.000-40.000
- ☐ 40.000-50.000
- ☐ Más de 50.000 de pesos

12/4/2016

01 Toma de datos vivienda

7. ¿Cuánto dinero aproximadamente gasta mensualmente en gas?

Mark only one oval.

- ☐ Menos de 5.000 de pesos
- ☐ 5.000-10.000
- ☐ 10.000-15.000
- ☐ 15.000-20.000
- ☐ 20.000-25.000
- ☐ 25.000-30.000
- ☐ 30.000-40.000
- ☐ 40.000-50.000
- ☐ Más de 50.000 de pesos

8. ¿Cuánto dinero aproximadamente gasta mensualmente en parafina?

Mark only one oval.

- ☐ Menos de 5.000 de pesos
- ☐ 5.000-10.000
- ☐ 10.000-15.000
- ☐ 15.000-20.000
- ☐ 20.000-25.000
- ☐ 25.000-30.000
- ☐ 30.000-40.000
- ☐ 40.000-50.000
- ☐ Más de 50.000 de pesos

9. ¿Cuánto dinero aproximadamente gasta mensualmente en otras energías?

Mark only one oval.

- ☐ Menos de 5.000 de pesos
- ☐ 5.000-10.000
- ☐ 10.000-15.000
- ☐ 15.000-20.000
- ☐ 20.000-25.000
- ☐ 25.000-30.000
- ☐ 30.000-40.000
- ☐ 40.000-50.000
- ☐ Más de 50.000 de pesos

Skip to question 11.

Sin instalaciones de calefacción

12/4/2016

01 Toma de datos vivienda

10. ¿Cómo mantiene su casa confortable?

.....

.....

.....

.....

.....

Skip to question 11.

Opinión del usuario

11. Considera que su gasto en calefacción es... *

Mark only one oval.

- ☐ Poco
- ☐ Normal
- ☐ Demasiado

12. ¿Cree si su vivienda estuviese mejor aislada gastaría menos dinero en suministros? *

Mark only one oval.

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ No sabe

13. ¿Considera su casa confortable? *

Mark only one oval.

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ No sabe

14. ¿En invierno se humedece algún muro? *

Mark only one oval.

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ No sabe

15. ¿Pagaría un mejoramiento para estar más confortable en su vivienda? *

Mark only one oval.

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ No sabe

12/4/2016

01 Toma de datos vivienda

16. ¿Realizaría el mejoramiento si es subvencionado por el MINVU u otro organismo? *

Mark only one oval.

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ No sabe

17. ¿Cuál es el grado de importancia para usted de los siguientes aspectos? *

Mark only one oval per row.

	Muy importante	Bastante importante	Normal	Poco importante	Nada importante
Calidad constructiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consumo energético de la vivienda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Confort	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. ¿Cuál es el grado de satisfacción de usted con los siguientes atributos de su vivienda? *

Mark only one oval per row.

	Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Normal	Poco satisfecho	Nada satisfecho
Calidad constructiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consumo energético	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Confort	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Powered by



ANEXO IV - Encuesta sobre datos del usuario

12/4/2016

02 Encuesta sobre datos de uso

02 Encuesta sobre datos de uso

La encuesta sobre datos de uso solo se cumplimentará una vez por usuario.

*Required

Proyecto Fondecyt nº 3160806

Estudio del estándar de mejoramiento energético viable para viviendas sociales en situación de pobreza energética mediante la evaluación del confort adaptativo post ocupacional y de su implementación progresiva.



CITECUBB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



FONDECYT
Fondo Nacional de Desarrollo
Científico y Tecnológico

1. Código de usuario *

Revisar formato "Instrucciones trabajo de campo".

.....

2. Nombre y apellidos *

.....

3. Género *

Mark only one oval.

- ☐ Hombre
☐ Mujer

4. Peso aproximado (Kg) *

Mark only one oval.

- ☐ 40 - 50 kg
☐ 50 - 60 kg
☐ 60 - 70 kg
☐ 70 - 80 kg
☐ 80 - 90 kg
☐ Más de 90 kg

5. Edad *

.....

12/4/2016

02 Encuesta sobre datos de uso

6. Marque las horas en las que habitualmente usa su vivienda de día durante la semana *

Tick all that apply.

- ☐ 07:00
- ☐ 08:00
- ☐ 09:00
- ☐ 10:00
- ☐ 11:00
- ☐ 12:00
- ☐ 13:00
- ☐ 14:00
- ☐ 15:00
- ☐ 16:00
- ☐ 17:00
- ☐ 18:00
- ☐ 19:00
- ☐ 20:00
- ☐ 21:00

7. Marque las horas en las que habitualmente usa su vivienda de noche durante la semana *

Tick all that apply.

- ☐ 22:00
- ☐ 23:00
- ☐ 24:00
- ☐ 01:00
- ☐ 02:00
- ☐ 03:00
- ☐ 04:00
- ☐ 05:00
- ☐ 06:00

12/4/2016

02 Encuesta sobre datos de uso

8. Marque las horas en las que habitualmente usa su vivienda de día durante los fines de semana *

Tick all that apply.

- ☐ 07:00
- ☐ 08:00
- ☐ 09:00
- ☐ 10:00
- ☐ 11:00
- ☐ 12:00
- ☐ 13:00
- ☐ 14:00
- ☐ 15:00
- ☐ 16:00
- ☐ 17:00
- ☐ 18:00
- ☐ 19:00
- ☐ 20:00
- ☐ 21:00

9. Marque las horas en las que habitualmente usa su vivienda de noche durante los fines de semana *

Tick all that apply.

- ☐ 22:00
- ☐ 23:00
- ☐ 24:00
- ☐ 01:00
- ☐ 02:00
- ☐ 03:00
- ☐ 04:00
- ☐ 05:00
- ☐ 06:00

10. ¿Cuántas veces ha tenido usted en el último año enfermedades respiratorias? (Resfríos u otros) *

Mark only one oval.

- ☐ Ninguna
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5 o más



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS MODELOS DE CONFORT ADAPTATIVO
EN LOS COSTOS DE EJECUCIÓN PARA MEJORAMIENTOS DE LA
ENVOLVENTE TÉRMICA DE VIVIENDAS SOCIALES EN CONCEPCIÓN



12/4/2016

02 Encuesta sobre datos de uso

11. ¿Cuánto dinero ha gastado en médicos y medicamentos debido a tales enfermedades? (Resfríos u otros) *

Mark only one oval.

- ☐ Nada
- ☐ Menos de 5.000 pesos
- ☐ Entre 5.000 y 10.000 pesos
- ☐ Entre 15.000 y 20.000 pesos
- ☐ Entre 20.000 y 30.000 pesos
- ☐ Más de 30.000 pesos

Powered by



ANEXO V - Encuesta de confort térmico

12/4/2016

03 Encuesta sobre datos de confort

03 Encuesta sobre datos de confort

*Required

Proyecto Fondecyt n° 3160806

Estudio del estándar de mejoramiento energético viable para viviendas sociales en situación de pobreza energética mediante la evaluación del confort adaptativo post ocupacional y de su implementación progresiva.



CITECUBB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



FONDECYT
Fondo Nacional de Desarrollo
Científico y Tecnológico

1. Código de usuario *

Revisar formato "Instrucciones trabajo de campo".

.....

2. Nombre y apellidos *

.....

3. Fecha en la que se está realizando la encuesta *

.....
Example: 15 December 2012

4. Hora en la que se está realizando la encuesta *

.....
Example: 8.30 a.m.

5. Usando la siguiente lista, por favor señale cada prenda de ropa interior que usted esté usando ahora mismo: *

Mark only one oval.

- ☐ Ropa interior normal
- ☐ Calzoncillos de piernas largas
- ☐ Camisetas sin mangas
- ☐ Camisetas de manga corta
- ☐ Camisa de manga larga

6. Usando la siguiente lista, por favor señale que tipo de camisa esté usted usando ahora mismo: *

Camisas y blusas
Mark only one oval.

- ☐ Camisa o camiseta de manga corta
- ☐ Camisa ligera, mangas largas
- ☐ Camisa normal, mangas largas
- ☐ Camisa gruesa, mangas largas
- ☐ Blusa ligera, mangas largas

12/4/2016

03 Encuesta sobre datos de confort

7. Usando la siguiente lista, por favor señale que tipo de pantalón esté usted usando ahora mismo: *

Pantalones

Mark only one oval.

- ☐ Pantalones cortos
- ☐ Pantalones ligeros
- ☐ Pantalones normales
- ☐ Pantalones gruesos

8. Usando la siguiente lista, por favor señale que prenda de ropa está usted usando ahora mismo: *

Mark only one oval.

- ☐ Faldas ligeras (verano)
- ☐ Faldas gruesas (invierno)
- ☐ Vestidos ligeros, magacortas
- ☐ Vestido de invierno, mangas largas
- ☐ Overol
- ☐ Ninguno de los anteriores

9. Usando la siguiente lista, por favor señale que prenda de ropa está usted usando ahora mismo: *

Mark only one oval.

- ☐ Chalecos sin mangas
- ☐ Suéter delgado
- ☐ Suéter
- ☐ Suéter grueso
- ☐ Ninguno de los anteriores

10. Usando la siguiente lista, por favor señale que tipo de chaqueta está usted usando ahora mismo: *

Mark only one oval.

- ☐ Chaqueta ligera de verano
- ☐ Chaqueta
- ☐ Bata
- ☐ Chaquetón
- ☐ Chaquetón de plumas
- ☐ Parka
- ☐ Ninguna de los anteriores

12/4/2016

03 Encuesta sobre datos de confort

11. Usando la siguiente lista, por favor señale cada prenda de ropa que usted esté usando ahora mismo: *

Calcetines y medias

Mark only one oval.

- ☐ Calcetines
- ☐ Calcetines gruesos, tobilleros
- ☐ Calcetines gruesos, largos
- ☐ Medias de nilón
- ☐ Ninguno de los anteriores

12. Usando la siguiente lista, por favor señale cada prenda de ropa que usted esté usando ahora mismo: *

Zapatos

Mark only one oval.

- ☐ Zapatos (suela fina)
- ☐ Zapatos (suela gruesa)
- ☐ Botas

13. Señale el nivel de actividad y posición que tiene ahora mismo: *

Mark only one oval.

- ☐ Acostado
- ☐ Sentado
- ☐ Sentado relajado
- ☐ De pie con actividad suave
- ☐ De pie con actividad media
- ☐ De pie con actividad intensa

14. ¿Qué siente usted en este momento? *

(Leer las opciones antes de responder)

Mark only one oval per row.

	Mucho frío	Frío	Un poco de frío	Neutro	Un poco de calor	Calor	Mucha calor
Qué siente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Usted encuentra la temperatura de la habitación... *

(Leer las opciones antes de responder)

Mark only one oval per row.

	Agradable	Desagradable	Muy desagradable	Insoportable
la temperatura de la habitación es	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12/4/2016

03 Encuesta sobre datos de confort

16. En este momento usted preferiría estar... *

(Leer las opciones antes de responder)

Mark only one oval per row.

	Mucho más frío	Más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más cálido	Más cálido	Muchísimo más cálido
En este momento preferiría estar...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Teniendo en cuenta únicamente sus preferencias personales ¿Cómo considera usted el ambiente térmico de la vivienda ahora mismo? *

(Leer las opciones antes de responder)

Mark only one oval.

- ☐ Generalmente aceptable
- ☐ Generalmente inaceptable

18. En su opinión la temperatura de la vivienda en una escala de 1 a 5 siendo 1 tolerable y 5 intolerable es... *

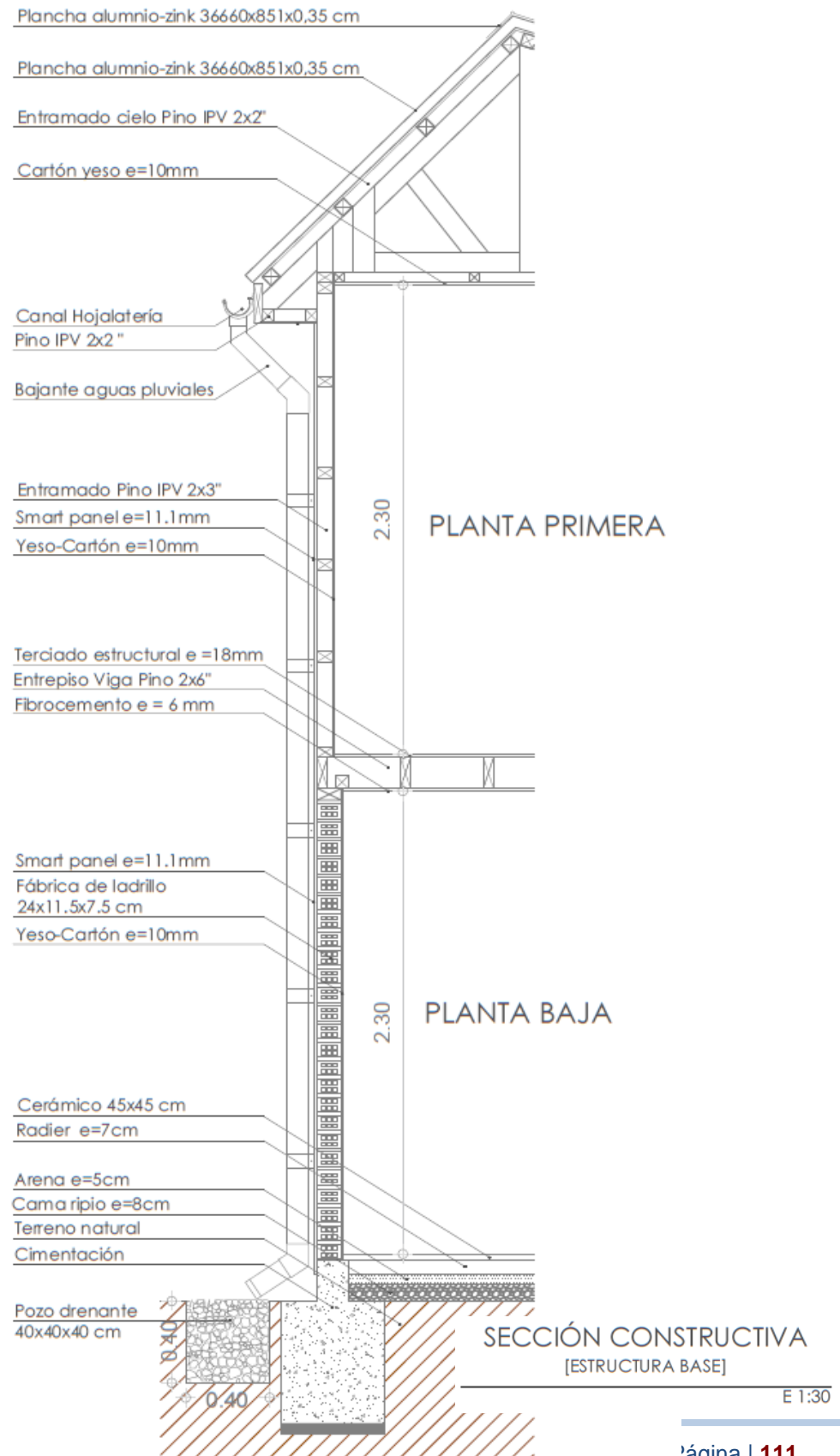
Mark only one oval.

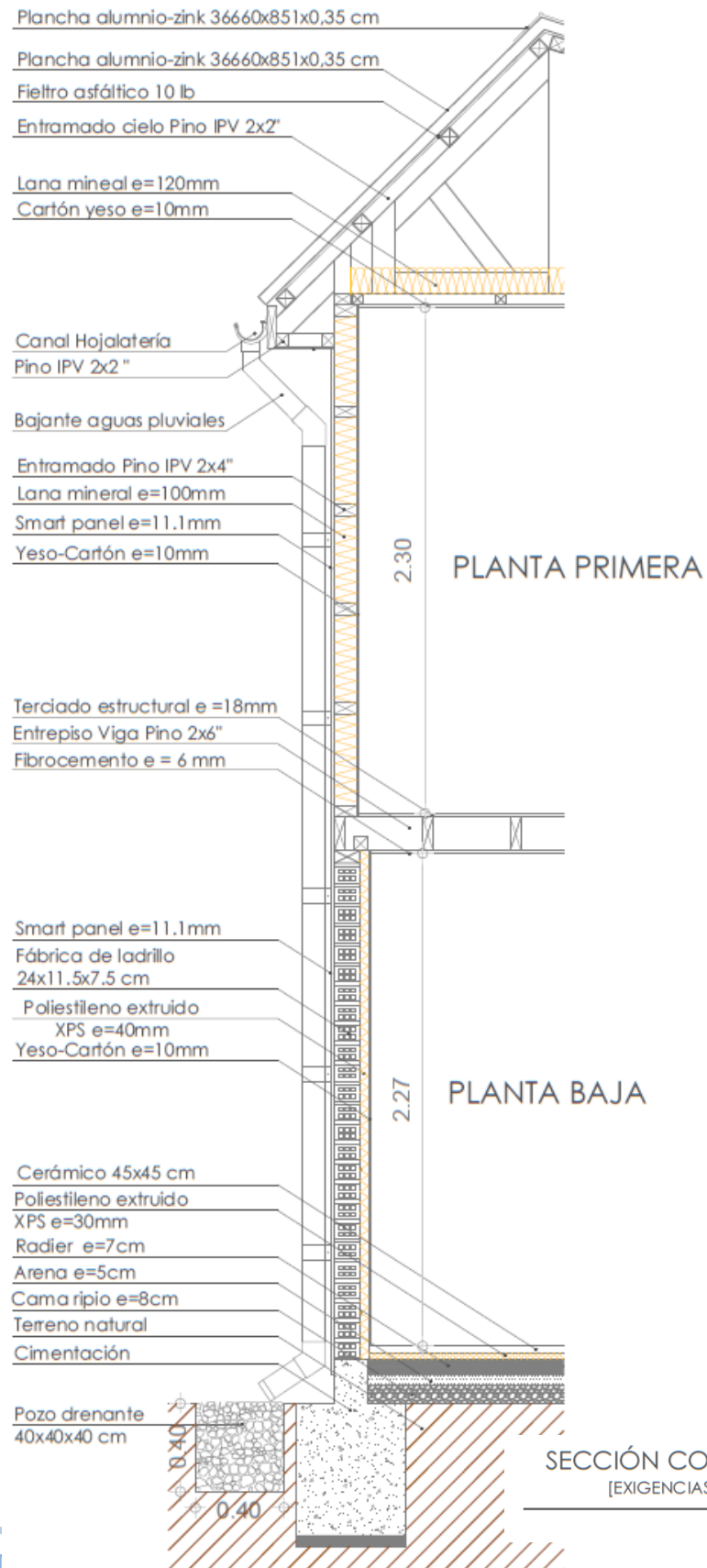
- ☐ 1 Tolerable
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5 Intolerable

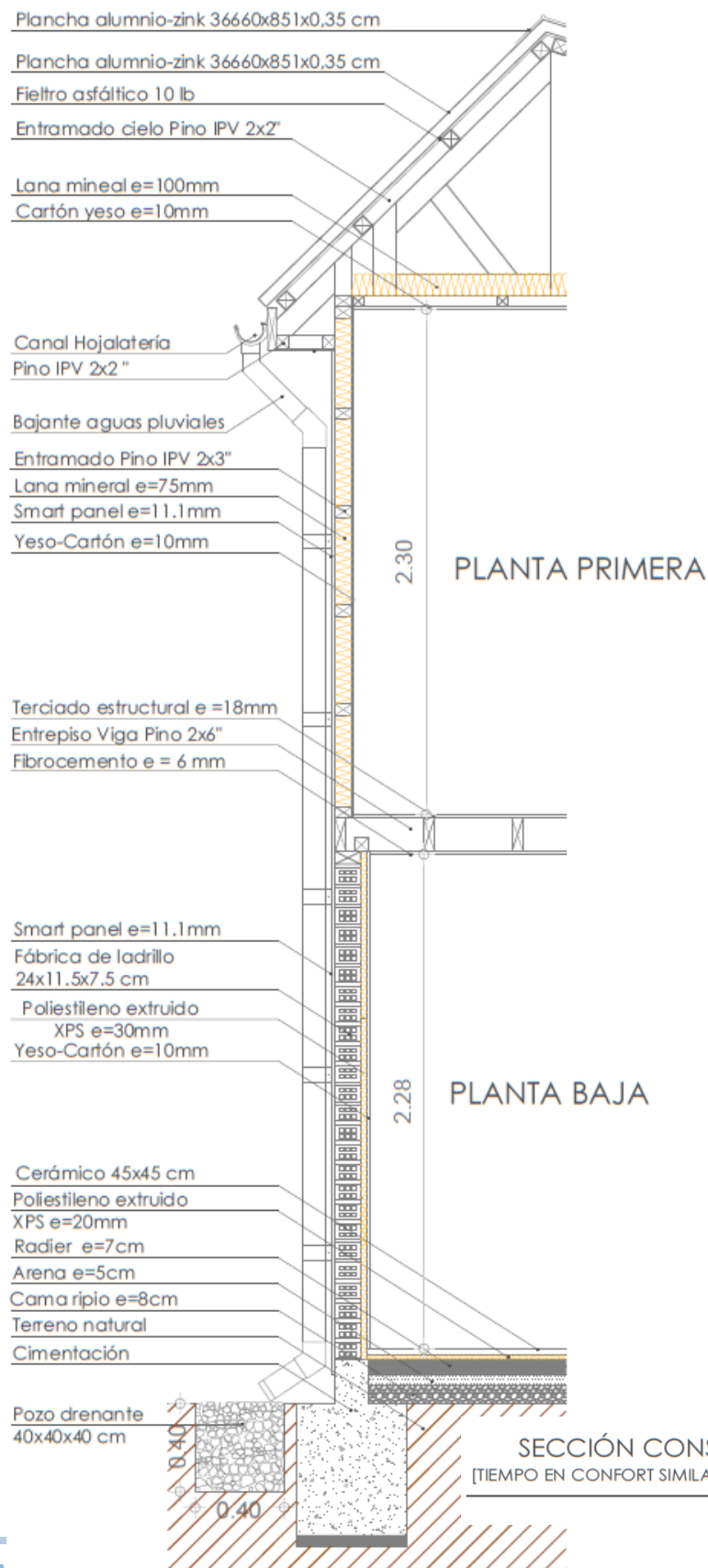
Powered by

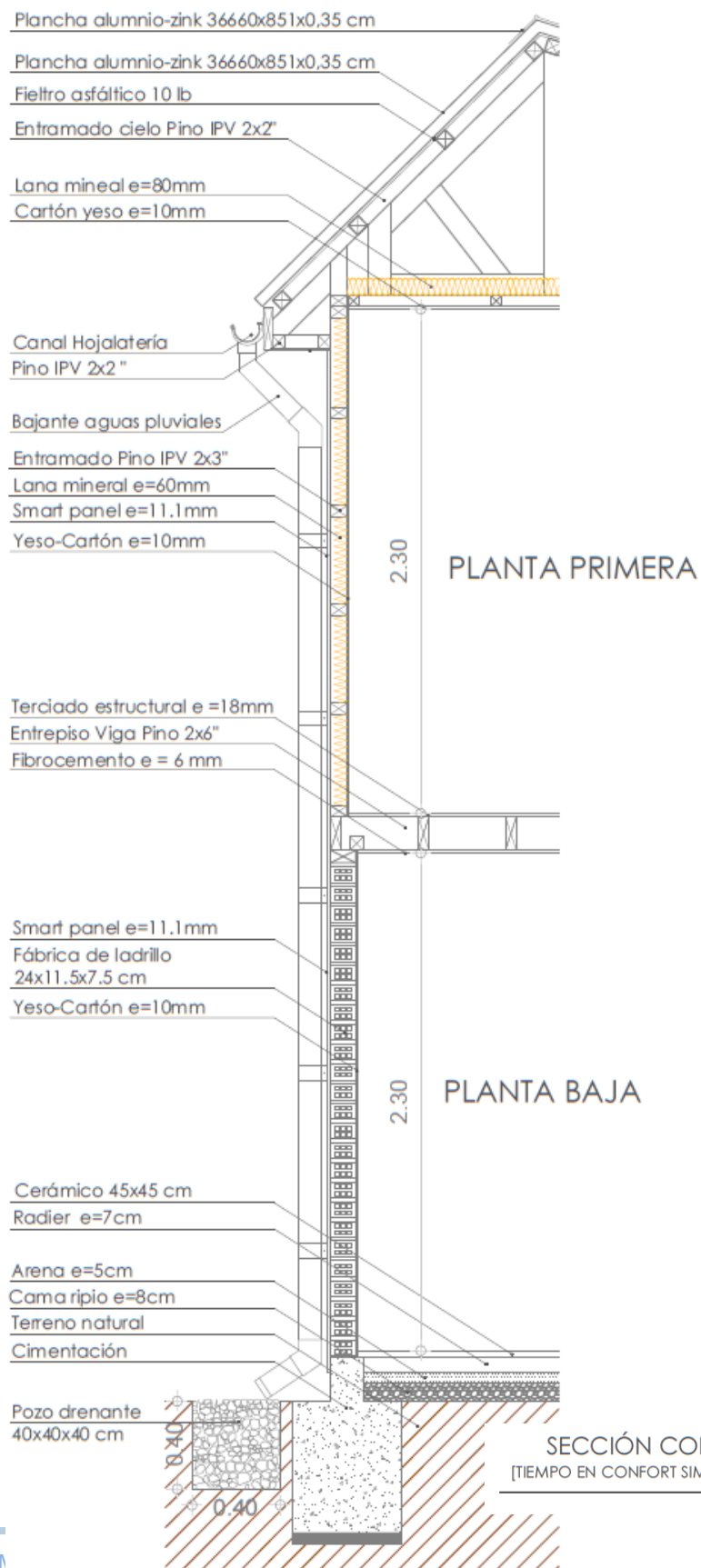


ANEXO VI - Sistemas Constructivos









ANEXO VII - Análisis de Precios Unitarios

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						N° APU
						1
DESCRIPCION ACTIVIDAD				CANTIDAD	UNIDAD	
Colocación aislación en muros de planta baja				50,97	m ²	
MATERIAL	CANTIDAD	Ud	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE [\$ / m ²]	IMPORTE TOTAL
Poliestileno extruido [XPS] e=40 mm - 600x1250 mm	0,72	m ²	1,05 m ² /h	\$ 8.677,70	\$ 12.052,36	\$ 614.308,85
Adhesivo especial para fijación de panales aislantes	15,00	kg	6,00 m ² /h	\$ 7.390,00	\$ 492,67	\$ 62.778,05
Cinta autoadhesiva para sellado de juntas de paneles - e=5cm - 45 m	2,00	Ud	0,44 m ² /h	\$ 1.640,00	\$ 36,44	\$ 3.280,00
SUB-TOTAL 1						\$ 680.367
MANO DE OBRA	CANTIDAD		RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	IMPORTE TOTAL
Maestro	1,00		H/D	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00
Ayudante	1,00		H/D	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
Leyes Sociales	40,00%	0,0001	%	\$ 23.000,00	\$ 1,80	\$ 1,80
SUB-TOTAL 2						\$ 23.092
COSTO DIRECTO						\$ 703.459
20 % GG						\$ 140.692
TOTAL NETO						\$ 844.042
19 % IVA						\$ 160.389
IMPORTE TOTAL						\$ 1.004.539

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					N° APU	
					2	
DESCRIPCION ACTIVIDAD				CANTIDAD	UNIDAD	
Colocación de suplemento a estructura de madera en planta alta				84.10	m	
MATERIAL	CANTIDAD	Ud	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE [\$ /m ²]	IMPORTE TOTAL
Madera de pino cepillado seco 1x2 in - 3,20 m	27.00	kg	1,15 m ² /h	\$ 720,00	\$ 19.440,00	\$ 19.440,00
Clavo corriente 4 in - 0,5 kg	1.00	Ud	0.12 kg/h	\$ 620,00	\$ 1.240,00	\$ 1.240,00
SUB-TOTAL 1					\$ 20.680	
MANO DE OBRA	CANTIDAD		RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	IMPORTE TOTAL
Maestro Carpintero	1,00	0.5	H/D	\$ 12.875,00	\$ 6.437,50	\$ 6.437,50
Ayudante	1,00	0.5	H/D	\$ 7.000,00	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00
Leyes Sociales	40,00%	0,0001	%	\$ 9.937,50	\$ 0,47	\$ 0,47
SUB-TOTAL 2					\$ 9.938	
COSTO DIRECTO					\$ 30.618	
20 % GG					\$ 6.124	
TOTAL NETO					\$36.742	
19 % IVA					\$ 6.981	
IMPORTE TOTAL					\$ 43.722	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						N° APU
						3
DESCRIPCION ACTIVIDAD				CANTIDAD	UNIDAD	
Colocación de aislación en muros de planta alta				46.69	m ²	
MATERIAL	CANTIDAD	Ud	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE [\$/m ²]	IMPORTE TOTAL
Lana mineral e=100 mm - 600x1350 mm	0,85	m ²	1,05 m ² /h	\$ 4.141,79	\$ 4.872,69	\$ 227.506,09
SUB-TOTAL 1						\$ 227.506
MANO DE OBRA	CANTIDAD		RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	IMPORTE TOTAL
Maestro	1,00		H/D	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00	\$ 815.520,00
Ayudante	1,00		H/D	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00	\$ 356.790,00
Leyes Sociales	40,00%	0,0001	%	\$ 23.000,00	\$ 1,97	\$ 100,43
SUB-TOTAL 2						\$ 1.172.410
COSTO DIRECTO						\$ 1.399.917
20 % GG						\$ 279.983
TOTAL NETO						\$ 1.679.900
19 % IVA						\$ 319.181
IMPORTE TOTAL						\$ 1.999.081

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						N° APU
						4
DESCRIPCION ACTIVIDAD				CANTIDAD	UNIDAD	
Colocación de aislación en techumbre				24,60	m ²	
MATERIAL	CANTIDAD	Ud	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE [\$ / m ²]	IMPORTE TOTAL
Lana mineral e=120 mm - 600x1350 mm	1,00	m ²	1,05 m ² /h	\$ 4.959,74	\$ 4.959,74	\$ 122.009,60
SUB-TOTAL 1						\$ 122.010
MANO DE OBRA	CANTIDAD		RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	IMPORTE TOTAL
Maestro Carpintero	0.5		H/D	\$ 16.000,00	\$ 8.000,00	\$ 407.760,00
Ayudante	0.5		H/D	\$ 7.000,00	\$ 3.500,00	\$ 178.395,00
Leyes Sociales	40,00%	0,0001	%	\$ 11.500,00	\$ 1,87	\$ 95,31
SUB-TOTAL 2						\$ 586.250
COSTO DIRECTO						\$ 708.260
20 % GG						\$ 141.652
TOTAL NETO						\$ 849.912
19 % IVA						\$ 161.483
IMPORTE TOTAL						\$ 1.011.395

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						N° APU
						5
DESCRIPCION ACTIVIDAD				CANTIDAD	UNIDAD	
Colocación de aislación en piso en contacto con el terreno				24,60	m ²	
MATERIAL	CANTIDAD	Ud	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE [\$/m ²]	IMPORTE TOTAL
Poliestileno extruido [XPS] e=30 mm - 600x1250 mm	1,00	m ²	1,05 m ² /h	\$ 6.506,41	\$ 6.506,41	\$ 160.057,69
Adhesivo especial para fijación de panales aislantes	15,00	kg	6,00 m ² /h	\$ 7.390,00	\$ 492,67	\$ 12.119,60
Cinta autoadhesiva para sellado de juntas de paneles - e=5cm - 45 m	2,00	Ud	0,44 m/h	\$ 1.640,00	\$ 36,44	\$ 3.280,00
SUB-TOTAL 1						\$ 122.010
MANO DE OBRA	CANTIDAD		RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	IMPORTE TOTAL
Maestro Carpintero	1,00		H/D	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00
Ayudante	1,00		H/D	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
Leyes Sociales	40,00%	0,0001	%	\$ 23.000,00	\$ 3,74	\$ 95,31
SUB-TOTAL 1						\$ 23.004
COSTO DIRECTO						\$ 198.461
20 % GG						\$ 39.692
TOTAL NETO						\$ 238.153
19 % IVA						\$ 45.249
IMPORTE TOTAL						\$ 283.402

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						N° APU
						6
DESCRIPCION ACTIVIDAD				CANTIDAD	UNIDAD	
Colocación de aislación en muros de planta baja				50,97	m ²	
MATERIAL	CANTIDAD	Ud	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE [\$/m ²]	IMPORTE TOTAL
Poliestileno extruido [XPS] e=30 mm - 600x1250 mm	0.72	m ²	1,05 m ² /h	\$ 6.506,41	\$ 6.506,41	\$ 160.057,69
Adhesivo especial para fijación de panales aislantes	15,00	kg	6,00 m ² /h	\$ 7.390,00	\$ 492,67	\$ 12.119,60
Cinta autoadhesiva para sellado de juntas de paneles - e=5cm - 45 m	2,00	Ud	0,44 m/h	\$ 1.640,00	\$ 36,44	\$ 3.280,00
SUB-TOTAL 1						\$ 526.658
MANO DE OBRA	CANTIDAD		RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	IMPORTE TOTAL
Maestro Carpintero	1,00		H/D	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00
Ayudante	1,00		H/D	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
Leyes Sociales	40,00%	0,0001	%	\$ 23.000,00	\$ 3,74	\$ 95,31
SUB-TOTAL 1						\$ 23.004
COSTO DIRECTO						\$ 549.459
20 % GG						\$ 109.932
TOTAL NETO						\$ 659.591
19 % IVA						\$ 125.322
IMPORTE TOTAL						\$ 784.914

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						N° APU
						7
DESCRIPCION ACTIVIDAD				CANTIDAD	UNIDAD	
Colocación de aislación en muros de planta alta				49.69	m ²	
MATERIAL	CANTIDAD	Ud	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE [\$ / m ²]	IMPORTE TOTAL
Lana mineral e=75 mm - 600x1350 mm	0.85	m ²	1,05 m ² /h	\$ 3.569,23	\$ 4.199,09	\$ 196.055,70
SUB-TOTAL 1						\$ 196.056
MANO DE OBRA	CANTIDAD		RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	IMPORTE TOTAL
Maestro Carpintero	1,00	0,50	H/D	\$ 16.000,00	\$ 8.000,00	\$ 407.760,00
Ayudante	1,00	0,50	H/D	\$ 7.000,00	\$ 3.500,00	\$ 178.395,00
Leyes Sociales	40,00%	0,0001	%	\$ 11.500,00	\$ 0,99	\$ 50,22
SUB-TOTAL 1						\$ 586.205
COSTO DIRECTO						\$ 782.261
20 % GG						\$ 156.452
TOTAL NETO						\$ 938.713
19 % IVA						\$ 178.355
IMPORTE TOTAL						\$ 1.117.069

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						N° APU
						8
DESCRIPCION ACTIVIDAD				CANTIDAD	UNIDAD	
Colocación de aislación en techumbre				24.60	m ²	
MATERIAL	CANTIDAD	Ud	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE [\$/m ²]	IMPORTE TOTAL
Lana mineral e=100 mm - 600x1350 mm	1,00	m ²	1,05 m ² /h	\$ 4.141,79	\$ 4.141,79	\$ 101.888,03
SUB-TOTAL 1						\$ 101.888
MANO DE OBRA	CANTIDAD		RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	IMPORTE TOTAL
Maestro Carpintero	1,00	0,50	H/D	\$ 16.000,00	\$ 8.000,00	\$ 407.760,00
Ayudante	1,00	0,50	H/D	\$ 7.000,00	\$ 3.500,00	\$ 178.395,00
Leyes Sociales	40,00%	0,0001	%	\$ 11.500,00	\$ 1,89	\$ 95.31
SUB-TOTAL 1						\$ 586.250
COSTO DIRECTO						\$ 688.138
20 % GG						\$ 137.628
TOTAL NETO						\$ 825.766
19 % IVA						\$ 156.896
IMPORTE TOTAL						\$ 982.662

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						N° APU
						9
DESCRIPCION ACTIVIDAD				CANTIDAD	UNIDAD	
Colocación de aislación en piso en contacto con el terreno				24,60	m ²	
MATERIAL	CANTIDAD	Ud	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE [\$/m ²]	IMPORTE TOTAL
Poliestileno extruido [XPS] e20 mm - 600x1250 mm	1,00	m ²	1,05 m ² /h	\$ 4.275,64	\$ 4.275,64	\$ 105.180,74
Adhesivo especial para fijación de panales aislantes	15,00	kg	6,00 m ² /h	\$ 7.390,00	\$ 492,67	\$ 12.119,60
Cinta autoadhesiva para sellado de juntas de paneles - e=5cm - 45 m	2,00	Ud	0,44 m/h	\$ 1.640,00	\$ 36,44	\$ 3.280,00
SUB-TOTAL 1						\$ 120.580
MANO DE OBRA	CANTIDAD		RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	IMPORTE TOTAL
Maestro Carpintero	1,00		H/D	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00
Ayudante	1,00		H/D	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
Leyes Sociales	40,00%	0,0001	%	\$ 23.000,00	\$ 3,74	\$ 3,74
SUB-TOTAL 1						\$ 23.004
COSTO DIRECTO						\$ 143.584
20 % GG						\$ 28.717
TOTAL NETO						\$ 172.301
19 % IVA						\$ 32.737
IMPORTE TOTAL						\$ 205.038

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						N° APU
						10
DESCRIPCION ACTIVIDAD				CANTIDAD	UNIDAD	
Colocación de aislación en muros de planta alta				49.69	m ²	
MATERIAL	CANTIDAD	Ud	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE [\$ / m ²]	IMPORTE TOTAL
Lana mineral e=60 mm - 600x1350 mm	0.85	m ²	1,05 m ² /h	\$ 2.624,87	\$ 3.088,08	\$ 144.182,57
SUB-TOTAL 1						\$ 144.183
MANO DE OBRA	CANTIDAD		RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	IMPORTE TOTAL
Maestro Carpintero	1,00	0,50	H/D	\$ 16.000,00	\$ 8.000,00	\$ 373.520,00
Ayudante	1,00	0,50	H/D	\$ 7.000,00	\$ 3.500,00	\$ 163.415,00
Leyes Sociales	40,00%	0,0001	%	\$ 11.500,00	\$ 0,99	\$ 46,00
SUB-TOTAL 1						\$ 586.981
COSTO DIRECTO						\$ 681.164
20 % GG						\$ 136.233
TOTAL NETO						\$ 817.396
19 % IVA						\$ 155.305
IMPORTE TOTAL						\$ 1.117.069

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						N° APU
						11
DESCRIPCION ACTIVIDAD				CANTIDAD	UNIDAD	
Colocación de aislación en techumbre				24.60	m ²	
MATERIAL	CANTIDAD	Ud	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE [\$/m ²]	IMPORTE TOTAL
Lana mineral e=80 mm - 600x1350 mm	1,00	m ²	1,05 m ² /h	\$ 2.171,28	\$ 2.171,28	\$ 53.413,49
SUB-TOTAL 1						\$ 53.413
MANO DE OBRA	CANTIDAD		RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	IMPORTE TOTAL
Maestro Carpintero	1,00	0,50	H/D	\$ 16.000,00	\$ 8.000,00	\$ 373.520,00
Ayudante	1,00	0,50	H/D	\$ 7.000,00	\$ 3.500,00	\$ 163.415,00
Leyes Sociales	40,00%	0,0001	%	\$ 11.500,00	\$ 1,87	\$ 87,31
SUB-TOTAL 1						\$ 537.022
COSTO DIRECTO						\$ 590.436
20 % GG						\$ 118.087
TOTAL NETO						\$ 708.523
19 % IVA						\$ 134.619
IMPORTE TOTAL						\$ 843.142

